



EESTI MAAÜLIKOOL  
Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

**Kätlyn Kaart**

**HIILAMARDIKA ERINEVATE PÕLVKONDADE  
ARVUKUSED JA TOIDUTAIMEDE EELISTUSED**

ABUNDANCE AND FOOD PLANT PREFERENCES OF  
DIFFERENT POLLEN BEETLE GENERATIONS

Magistritöö  
Maastikukaitse ja -hoolduse õppekava

Juhendaja: dotsent Eve Veromann, PhD

Tartu 2018

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Magistritöö lühikokkuvõte	
Autor: Kätlyn Kaart		Õppekava: Maastikukaitse ja -hooldus	
Pealkiri: Hiilamardika erinevate põlvkondade arvukused ja toidutaimede eelistused			
Lehekülgi: 60	Jooniseid: 23	Tabeleid: 2	Lisasid:3
Osakond: Taimetervise õppetool Uurimisvaldkond: 1.6. Põllumajandus; 1.4. Ökoloogia CERCS: B390; B250 Juhendaja(d): dotsent Eve Veromann, PhD Kaitsmiskoht ja aasta: Eesti Maaülikool, 2018			
<p>Naeri-hiilamardikas (<i>Brassicogethes aeneus</i> sün. <i>Meligethes aeneus</i> F.; Coleoptera: Nitidulidae) on kõige arvukam kahjur nii Euroopa, kui ka Eesti rapsi põldudel. Euroopas on viimasel ajal süvenenud probleem naeri-hiilamardika kahjustuste suurenemisega, sest mardikatel on pikaajase taimekaitsevahendite kasutamise või üle doseerimise tõttu kujunenud välja resistentsus teatud taimekaitsevahendite (püretroidide) suhtes. Seetõttu tuleb leida uusi lahendusi jätkusuutliku ja keskkonnasõbraliku taimekaitse väljatöötamiseks, selleks aga tuleb tundma õppida kahjurputuka bioloogiat ja käitumist.</p> <p>Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli kevadiste ja hilissuviste välitööde käigus selgitada välja naeri-hiilamardikate talvitunud ja talvituma suunduvate põlvkondade arvukused erinevatel põllumajandusmaastiku elementidel. Uurimiseesmärgiks oli ka selgitada, kui palju naeri-hiilamardika populatsioon suve jooksul suureneb. Kolmandaks uurimiseesmärgiks oli selgitada välja toidutaimede eelistused talvituma suunduvatel ja talvitunud mardikatel, ning selgitada välja ka toidutaimede värvuste eelistused. Viimaseks uurimiseesmärgiks oli selgitada välja, kas 2017. aasta naeri-hiilamardikate arvukused ja toidutaimede eelistused erinevad 2016. aastal saadud tulemustega. 2016. aasta tulemusi võrreldi Gerda Arrase lõputööga.</p> <p>Antud magistritöös selgus, et kuigi kevadel oli talvitumiskohtadest väljuv naeri-hiilamardikate arvukus madal, suutsid nad oma populatsiooni suve jooksul 44 korda suurendada. Leiti, et maastikuelement mõjutas oluliselt talvitunud ja talvituma suunduvate naeri-hiilamardikate arvukust. Talvitunud naeri-hiilamardikaid leiti kõige rohkem puiskoridorist ja metsaservast. Kõige rohkem suundus talvituma naeri-hiilamardikaid rohumaalet ja rohtselt põlluservalt. Magistritööst selgus, et naeri-hiilamardikatel oli toidutaimede värvuse suhtes eelistused. Talvitunud naeri-hiilamardikad toitustid kollast ja valget värvi õitel, ning talvituma suunduvad naeri-hiilamardikad toitustid paljudel erinevatel õitsevatel taimedel.</p>			
Märksõnad: Naeri-hiilamardikas, rapsi kahjur, talvitumine, maastikuelemendid, toidutaimed			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Master's Thesis	
Author: Kätlyn Kaart		Specialty: Landscape protection and management	
Title: Abundance and food plant preferences of different pollen beetle generations			
Pages: 60	Figures: 23	Tables: 2	Appendixes: 3
Department: Chair of Plant Health Field of research: 1.6. Agriculture; 1.4. Ecology CERCS: B390; B250 Supervisors: Associate professor Eve Veromann, PhD Place and date: Estonian University of Life Sciences, 2018			
<p>The pollen beetle (<i>Brassicogethes aeneus</i> syn. <i>Meligethes aeneus</i> F.; Coleoptera: Nitidulidae) is one of the most numerous pests in European and Estonian oilseed rape fields. In Europe, the pollen beetle problem has intensified recently, as beetles have become resistant to certain pesticides (pyrethroids) due to long-term use and overuse of plant protection products. In order to develop more sustainable methods to control pollen beetle abundance, knowledge is needed of the biology and behaviour of this pest.</p> <p>The first aim of this master's thesis was to study the abundance of overwintered and new generation pollen beetles in various agricultural landscape elements in the spring and late summer. The second aim was to study how much does the population of pollen beetles increase during the summer. The third aim was to study the food plant (species and flower colour) preferences of overwintered and new generation pollen beetles. The last aim was to find out whether the abundance and food plant preference of pollen beetles in 2017 differ from the results obtained in 2016 (master's thesis of Gerda Arras).</p> <p>Although, the abundance of overwintered pollen beetles was low in 2017, they were able to increase their abundance by 44 times during the summer. Landscape element influenced the abundance of overwintered and new generation pollen beetles. Overwintered beetles were mostly found next to lines of trees and in forest edges, while new generation beetles were the most abundant in grasslands and narrow crop edges. According to the results of this study pollen beetles had a preference regarding the flower colour of their food plants. The overwintered generation of pollen beetles fed on yellow and white coloured flowers and new generation pollen beetles fed on many different flowering plants.</p>			
Keywords: Pollen beetle, oilseed rape pest, overwintering, landscape elements, food plants			

# SISUKORD

SISSEJUHATUS .....	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	8
1.1 Rapsi ( <i>Brassica napus</i> L.) kirjeldus .....	8
1.2 Peamised rapsi kahjurid.....	11
1.3 Hiilamardikate ( <i>Brassicogethes</i> ) iseloomustus.....	12
1.3.1 Naeri-hiilamardika ( <i>Brassicogethes aeneus</i> ) iseloomustus.....	13
2. MATERJAL JA METOODIKA.....	15
2.1. Katsealad .....	15
2.2. Entomoloogilise materjali kogumine.....	16
2.3. Andmete statistiline analüüs.....	17
2.4. Töörühm .....	18
3. TULEMUSED JA ARUTELU .....	19
3.1. Hiilamardika talvitunud põlvkonna arvukus .....	19
3.2. Hiilamardika talvituma mineva põlvkonna arvukus.....	20
3.3. Hiilamardikate talvitunud ja talvituma mineva põlvkondade arvukuse võrdlus 2016–2017.....	21
3.4. Hiilamardikate arvukus ja toidutaimed .....	24
3.4.1. Hiilamardikate arvukus erinevatel maastikuelementidel.....	24
3.4.2. Naeri-hiilamardikate arvukus erinevatel maastikuelementidel .....	25
3.4.3. Toidutaimede arvukus maastikuelementidel .....	29
3.4.4. Erinevate taimede õite värvuste osakaal maastikuelementidel.....	32
3.4.5. Talvitunud ja talvituma suunduvate hiilamardikate toidutaimede värvuste eelistused .....	34
KOKKUVÕTE .....	43
SUMMARY .....	45
KASUTATUD KIRJANDUS .....	47
LISAD .....	52
Lisa 1. Kevadisel vaatlusperioodil erinevatel maastikuelementidel määratud õitsevad taimed ja hiilamardikate arvukused, Tartumaal. 2017.a .....	53
Lisa 2. Hilissuvisel vaatlusperioodil erinevatel maastikuelementidel määratud taimed ja hiilamardikate arvukused Tartumaal, 28. augustil 2017.a.....	55
Lisa 3. Maastikuring ja selles paiknevad maastikuelemendid.....	59
Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks (tähtajaline piirang) ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta.....	60

## SISSEJUHATUS

Raps (*Brassica napus* L.) on üheaastane kultuurtaim, mida kasvatatakse vahekultuurina, et tõsta mulla viljakust, kuid tähtsam on ta siiski õlikultuurina (Williams and Cook, 2010). Raps on üks põhilisi õlikultuure, mida kasvatatakse nii Põhja- kui ka Kesk-Euroopas. Suurimad rapsi tootjad on Saksamaa, Prantsusmaa, Poola ja Inglismaa (Vollmann and Rajcan, 2009). Rapsi pindala suurenemine kogu Euroopas ja samuti Eestis on loonud soodsad tingimused ristõielistele spetsialiseerunud putukate arvukuse suurenemisele. Kahjureid tõrjutakse sünteetiliste taimekaitsevahenditega, peamiselt püretroididega, mida kasutatakse sageli rutiinselt kahjurite arvukust kontrollimata. Selline käitumine viib aga bioloogilise mitmekesisuse vähenemisele, looduslikult esineva bioloogilise tõrje vähenemisele, konkurentsivõime languseni ja ka kahjurite resistentsuse kujunemisele mürgi suhtes (Alford et al., 2003; Ekbom, 2010; Hansen, 2003; Hokkanen, 2000; Hokkanen et al., 2017; Veromann et al., 2012; Williams, 2010b).

Euroopas on viimasel ajal süvenenud probleem naeri-hiilamardika kahjustuste suurenemisega, sest mardikatel on pikaajalise taimekaitsevahendite kasutamise, või üle doseerimise tõttu kujunenud välja resistentsus teatud taimekaitsevahendite (püretroidide) suhtes (Hansen, 2003; Heckel, 2012; Veromann et al., 2012). Hetkel on teadaolevalt hiilamardikatel resistentsuse probleemid 18-nes Euroopa riigis (Stará and Kocourek, 2018). Integreeritud taimekaitse strateegiast lähtudes tuleb hiilamardikate kahjustuse kontrolli alla saamiseks soodustada nende looduslike vaenlaste esinemist, kelleks on parasitoidid, röövtoidulised organismid ja patogeenid. Naeri-hiilamardikad (*Brassicogethes aeneus* sün. *Meligethes aeneus* F.; Coleoptera: Nitidulidae) on kõige arvukamad kahjurid Euroopa ja ka Eesti rapsi põldudel (Veromann et al., 2006). Saagile olulist kahju põhjustavad naeri-hiilamardika valmikud toitudes kinnistest õiepungadest, kahjustades sellega sigimikku, tolmuks ja ka õiepõhja (Williams, 2010a; Williams and Ferguson, 2010). Ka vastsed võivad tekitada kahju, kui nad toituvad kinnises õiepungas õietolmust, kus nad vigastavad emakat ja takistavad õie arengut, mille tagajärjel võivad õied kuivada ja variseda (Büchi, 2002).

Magistritöö uurimiseesmärgid olid kevadiste ja hilissuviste välitööde käigus selgitada välja naeri-hiilamardikate talvitunud ja talvituma suunduvate põlvkondade arvukused erinevatel enam levinud põllumajandusmaastiku elementidel. Uurimiseesmärgiks oli ka selgitada, kui palju naeri-hiilamardika populatsioon suve jooksul suureneb. Kolmandaks uurimiseesmärgiks oli selgitada välja toidutaimede ja nende värvuste eelistused talvituma suunduvatel ja talvitunud mardikatel. Viimaseks uurimiseesmärgiks on selgitada välja, kas 2017. aasta naeri-hiilamardikate arvukused ja toidutaimede eelistused erinevad 2016. aastal saadud tulemustest. Sellest tulenevalt võib magistritöös esineda sarnasusi Gerda Arrase lõputööga pealkirjaga: „Naeri-hiilamardika (*Brassicogethes aeneus*) talvitunud ja uue põlvkonna arvukuse erinevused ja nende toidutaimede eelistused“.

Andmete kogumiseks teostati välitöid, mille käigus loendati ja määrati maastikuelementidel õitsevad taimed ning märgiti ka nende õite värvused. Taimed, mille õitel esinesid välise vaatluse põhjal hiilamardikad, võeti minikrip kotiga laborisse kaasa, et putukad hiljem loendada ja määrata mikroskoobi abil.

Uurimiseesmärgist tulenevalt on magistritöö uurimisküsimused järgnevad:

1. Kas ja kui palju erinevad talvitunud ja talvituma minevate naeri-hiilamardikate põlvkondade arvukused?
2. Millistel taimedel toituvad talvitumiskohtadest väljunud ja talvituma suunduvad naeri-hiilamardikad?
3. Kas naeri-hiilamardikatel on toidutaimede värvi osas eelistusi?
4. Kas 2016. aasta tulemused erinevad 2017. aastal saadud tulemustest?

Käesolev magistritöö on jagatud kolme suuremasse peatükki. Esimeses peatükis on kirjanduse ülevaade, kus antakse ülevaade rapsist, rapsi peamistest kahjuritest ja naeri-hiilamardikast. Teine peatükk kajastab materjali ja metoodikat, kus antakse ülevaade magistritöö valmimise jaoks andmete kogumisest, andmete analüüsist, metoodikast ja kuidas katseid läbi viidi. Kolmas magistritöö peatükk sisaldab katsete käigus saadud tulemuste analüüsi ja arutleb saadud tulemuste üle, samuti leiab peatükist 2016. ja 2017. aasta tulemuste võrdluse.

Töö autor soovib tänada magistritöö juhendajat Eve Veromanni, kes oli magistritöö igas staadiumis toeks ja aitas kaasa lõputöö valmimisel. Samuti Gabriella Kovács'i ja Jonathan

Willow'i, kes aitasid lisaks Eve Veromannile välitöödega ja aitasid kaasa laboritöödega. Tänuõnad lähevad ka Madis ja Marge Ajaotsale ja teistele maaomanikele, kelle valdustel katsed läbi viidi.

Töö valmis C-IPM projekti 'IPM4Meligethes' ja Haridus- ja Teadusministeeriumi IUT36-2 toetusel.

# 1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

## 1.1 Rapsi (*Brassica napus* L.) kirjeldus

Raps (*Brassica napus* L.) kuulub ristõieliste sugukonda, kapsarohu perekonda. Raps on tekkinud kapsa ja rüpsi looduslikul ristumisel ja sellest tulenevalt kutsutakse rapsi ka õlikaalikaks, kuna noored taimed sarnanevad kaalikaga. Taimede lehed on siledad ja õrnalt sinakasrohelised, õied on kollast värvi ja avanenud õiepungad asuvad allpool kinnistest pungadest. Rapsi taimede õied koosnevad neljast kroonlehest, neljast tupplehest ja kuuest tolmukast, millest tavaliselt neli on pikemad ja kaks tolmukat lühemad (Eisikowitch D, 1981; Hasler and Maurizio, 1950). Rapsi vili on kõder ja nad asuvad taimel peaaegu horisontaalselt, algselt on kõdrad rohelist värvi ja valminuna muutuvad pruunikaks. Valminud seemned on kõdras värvuselt tumepruunid kuni mustad. Kõdras on seemneid 15–25 ja nad varisevad kergesti, mis muudab ka saagi koristamise keerukamaks (Alford et al., 2003; Kaarli, 2003). Rapsi taimed on üheaastased ja kasvavad umbes 100–200 cm pikkuseks (Alford et al., 2003). Taimed on enamasti isetolmlejad, kuid putukate abil tolmeldatud taimedel valmib saak ühtlasemalt ja on kõrgema kvaliteediga (õlirikkam) (Bommarco et al., 2012; Stanley et al., 2013).

Rapsi kasvatatakse peamiselt õli tootmiseks, aga järjest rohkem ka vahekultuurina, et tõsta mulla viljakust. Eesti on talirapsi kasvatamise põhjapiiriks (Williams and Cook, 2010). Talvitumiseks kasvatab taim kasvukuhiku, mis ebasoodsates tingimustes hävib. Kõige olulisem taimede ellu jäämiseks on püsiv lumekate ja sellisel juhul võib õhutemperatuur langeda alla -20 °C (Eesti Taimekasvatuse Instituut, 2016). Talirapsi talvitumise edukus sõltub suurel määral sordi valikust, külvinormist, kasvutingimustest ja külviajast (Kaarli and Johandi, 2004). Mullaviljakuse suhtes on taliraps nõudlikum, kui suviraps. Kõige paremini sobivad hea läbilaskvusega toiteainerikkad mullad, mille pH on 6–7 (Kaarli and Johandi, 2004).

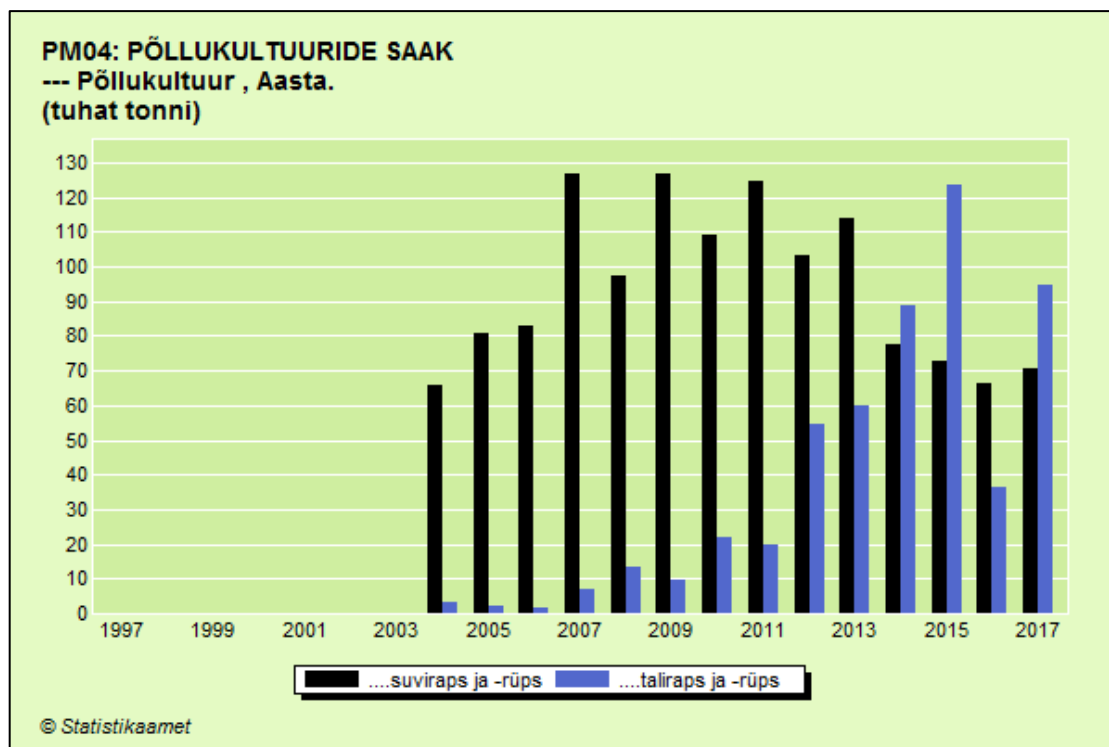
Raps on üks põhilisi õlikultuure, mida kasvatatakse nii Põhja- kui ka Kesk-Euroopas. Suurimad rapsi tootjad on Saksamaa, Prantsusmaa, Poola ja Inglismaa, kus toodetakse 80%



kogu rapsi seemnetoodangust. Raps on üks esimestest teadaolevatest taimedest, mida hakati kasvatama põllukultuurina juba 10 tuhat aastat tagasi. Rapsiõli põhiline kasutusala 16. sajandil oli lambiõlina (Vollmann and Rajcan, 2009). Eestis saadi esimesi talirapsi seemne kasvatamise kogemusi 1960–1970. aastatel, kui tegeleti haljassöödarapsi kasvatamisega. Saadud kogemuste põhjal kujundati talirapsi kasvatamise tehnoloogia (Kaarli and Johandi, 2004).

Rapsiõli saadakse seemnetest, valminud seemned sisaldavad 35–50% õli (Williams, 2010a). Rapsiõli on maailmas kolmas kõige laialdasemalt kasutatav õli peale soja- ja palmiõli (Thiyam et al., 2004). Põhiliselt leiab rapsiõli kasutust toiduainetetööstuses ja looma-söödana, aga viimasel ajal üha enam ka biokütusena, samuti kasutatakse seda värvides, seepides, kosmeetikas, plastikus jne. (Williams, 2010b). Purustamata seemneid kasutatakse ka linnusöödas (Alford et al., 2003).

Rapsikasvatus pindala oli 2014. aastal Euroopas umbes 11,6 miljonit hektarit ja saaki saadi kokku 35,5 miljonit tonni, aastal 2016 saadi seevastu saaki kokku 31,1 miljonit tonni. Aasta 2014 oli kõige suurema produktsiooniga aasta alates 2000. aastast peale, kui hakati süstemaatiliselt statistilisi andmeid koguma (Eurostat, 2017). Euroopas on talirapsi saak umbes 3–4 tonni hektari kohta (Rathke et al., 2006). Eestis on suvirapsi ja talirapsi saagikus viimase 20 aasta jooksul kasvanud (Eesti Statistika, 2018b; joonis 1). Näiteks oli möödunud aastal suvirapsi saak 70,8 tuhat ja talirapsi saak 94,5 tuhat tonni (joonis 1). Raps on Euroopas, sealhulgas ka Eestis üks tulusaim põllukultuur, mille ühe tonni hind on viimase seitsme aasta jooksul püsinud üle 300 euro. Näiteks oli 2016. aastal ühe tonni rapsiseemne hind 366,08 eurot (Eesti Statistika, 2017).



**Joonis 1.** Suvirapsi ja talirapsi saagid erinevatel aastatel Eestis (Statistikaamet, 2018).

Viimase 20 aasta jooksul on rapsikasvatuse pindala järkjärgult suurenenud. Eestis domineerib küll suvirapsi kasvatamine, aga viimastel aastatel on talirapsi pindala jõudsalt suurenenud. Kõige suurem suvirapsi kasvupindala oli aastal 2010, mil see oli kokku 85,9 tuhat hektarit. Samas möödunud aastal oli suvirapsi kasvupindala vaid 39 tuhat hektarit ja talirapsi pindala oli peaaegu sama suur (34,9 tuhat ha) (Eesti Statistika, 2018a). Seega on taimekasvatajad hakanud eelistama talirapsi, kui saagikamat, kahjurikindlamat ja väiksema taimekaitse sisendiga kultuuri. Kindlasti on talirapsi eelistamisele kaasa aidanud ka uute talvekindlamate sortide aretus, ning taimede eelnevate aastate suhteliselt edukas talvitumine ja väikesed külmakahjustused (E. Veromanni suulised andmed).

Rapsikasvatuse pindala suurenemine kogu Euroopas ja samuti Eestis on loonud soodsad tingimused ristõielistele spetsialiseerunud putukate arvukuse suurenemisele, sest putukatel on piiramatult toitu ja paljunemispaidu. Samuti suurendab kahjurite arvukust suvirapsi ja talirapsi põldude lähedikkude paiknemine, sest pikeneb paljunemiseks sobivate taimede pakkumine. Kahjureid tõrjutakse enamasti sünteetiliste taimekaitsevahenditega, peamiselt püretroididega, mida kasutatakse sageli rutiinselt kahjurite arvukust kontrollimata. Kahjuks hävitab taimekaitsevahendite kasutamine põldudel ja nendega piirnevatel aladel ka kasulikke ja neutraalseid lülialgseid, kes nii põllumajandusmaastikul, kui ka kultuurpõldudel

elavad, sealhulgas ka kahjurite looduslikke vaenlaseid ja taimede tolmeldajaid (Alford et al., 2003; Ekbom, 2010; Hansen, 2003; Hokkanen, 2000; Hokkanen et al., 2017; Veromann et al., 2012; Williams, 2010b). Lisaks sellele viib insektitsiidide rutiinne kasutamine ka kahjurite resistentsuse kujunemisele mürgi suhtes (Hansen, 2003; Heckel, 2012; Veromann et al., 2012). Viimastel aastatel ongi järjest süvenenud probleem püretroidide suhtes resistentsete naeri-hiilamardika populatsioonidega, keda enam püretroididega tõrjuda ei ole võimalik. Kusjuures esimene resistentsuse juhtum registreeriti Poolas juba hilistes 1970-s (Lakocy, 1977), kuid pärast seda kuni 2000. aastate alguseni suurt probleemi ei täheldatud. Alates uuest sajandist on ilmnunud suured resistentsuse probleemid kogu Euroopas (Hansen, 2004, 2003; Slater et al., 2011; Veromann and Toome, 2011). Hetkel on teadaolevalt hiilamardika resistentsuse probleemid 18-nes Euroopa riigis (Stará and Kocourek, 2018). Sellest tulenevalt tuleb leida uusi jätkusuutlikuid ja keskkonnasõbralikke alternatiivseid lahendusi kahjurite arvukuse kontrolli alla saamiseks. Selleks, aga tuleb kahjuri bioloogiat ja käitumist paremini tundma õppida.

## 1.2 Peamised rapsi kahjurid

Rapsi kahjustavad Euroopas põhiliselt taimetoidulised loomad, nende hulka kuuluvad putukad, teod, nematoodid ja tuvid (Alford et al., 2003). Putukkahjuritest nõuavad taimekasvatajate tähelepanu kuus peamist kahjurit, kes võivad saaki oluliselt vähendada (Ferguson et al., 2010; Williams, 2010a):

1. *Ceutorhynchus pallidactylus* (Marsham), sün. *C. quadridens* (Panzer)  
Coleoptera: Curculionidae – varre-peitkärsakas
2. *Ceutorhynchus obstrictus* (Paykull) sün. *C. assimilis* (Paykull), Coleoptera:  
Curculionidae – kõdra-peitkärsakas
3. *Brassicogethes aeneus* (Fabricius) sün. *Meligethes aeneus* Fabricius Coleoptera:  
Nitidulidae – naeri-hiilamardikas
4. *Psylliodes chrysocephalus* (L.), Coleoptera: Chrysomelidae
5. *Phyllotreta* spp. – maakirbud
6. *Dasineura brassicae* (Winn.) – kõdra-pahksäask

Erinevad kahjurid tekitavad kahju rapsi erinevates kasvufaasides, näiteks maakirbud on ohtlikud ainult taimede idulehtede faasis, hiilamardikad taimede pungafaasis ja kõdrapeitkärsakad kõtrade faasis. Samas loetakse kõige enam kahju tekitavamaks kahjuriks nii Eestis, kui Euroopas hiilamardikaid, kes tekitavad kõige suuremat kahju rapsi roheline punnga faasis (Veromann et al., 2012, 2007, 2006; Williams, 2010a).

### 1.3 Hiilamardikate (Brassicogethes) iseloomustus

Hiilamardikad (Brassicogethes) kuuluvad mardikaliste (Coleoptera) seltsi, hiilamardiklaste sugukonda (Nitidulidae) ja Meligethinae alamsugukonda. Hiilamardikate perekond koosneb 38-st liigist ja on levinud nii kogu Euroopas, Aasias, Venemaal, Põhja- ja Lääne-Aafrikas ja Põhja-Ameerikas (Audisio et al., 2009). Eestis on 38-st hiilamardika liigist leitud 20 liiki, neist kirjeldatud liikidest kõige olulisemad rapsi kahjurid on naerihiilamardikas (*B. aeneus*) ja sinepi-hiilamardikas (*B. viridescens*) (Hiiesaar, et al., 2002; Metspalu et al., 2011; Williams, 2010b).

Kõikidel hiilamardikatel on üks põlvkond aastas, seega on nad univoltiinsed putukad. Hiilamardikad on taimtoidulised ja valmikuna toituvad nad erinevate perekondade õitsevate taimede õietolmust. Sigimise perioodil suundutakse ainult ristõielistele taimedele selleks, et seal paljuneda ja toituda, seega toituvad vastsed ainult ristõieliste taimede õietolmust (Blight and Smart, 1999).

Lisaks naeri-hiilamardikale leidub rapsipõldudel ka sinepi-hiilamardikat, kes on samuti levinud Euroopas, Põhja-Aafrikas ja Ameerikas (Audisio et al 2000). Välimuselt on naeri- ja sinepi-hiilamardikas sarnased, mõlemal on üks põlvkond aastas ja nad on ka sarnase elutsükliga. Neid saab eristada jalgade värvuse järgi: sinepi-hiilamardikal on jalad kattetiibadest heledamad kollakas-pruunid, seevastu naeri-hiilamardikal tumepruunid, sarnased kattetiibade värvusega. Eestis leiab sinepi-hiilamardikaid enamasti suvirapsilt, sest nad väljuvad talvituspaikadest hiljem, kui naeri-hiilamardikad, kuna nad eelistavad soojemat õhutemperatuuri (Reddy, 2017; Williams, 2010a).

### 1.3.1 Naeri-hiilamardika (*Brassicogethes aeneus*) iseloomustus

Naeri-hiilamardikas on kõige arvukam kahjur nii Euroopa kui ka Eesti rapsi põldudel (Free and Williams, 1979; Veromann et al., 2006; Williams, 2010b). Naeri-hiilamardikas on musta värvi, kergelt sinaka või roheka läikega, 1,9 mm pikk ja 1,3–1,5 mm lai, tundlad koosnevad 11 lülist ja tema kattetiivad ei kata tagakeha tervenisti (Williams, 2010a).

Naeri-hiilamardika valmikud talvituvad varakevadeni mullas või lehekõdu all, nagu ka teised hiilamardika perekonda kuuluvad mardikad (Büchi, 2002). Talvituspaigast suunduvad nad varakevadel küpsussöömisele, siis kui keskmine öhtutemperatuur on tõusnud 10 °C. Küpsussöömise käigus saavad emased naeri-hiilamardikad suguküpseks. Enamasti kestab selline toitumine nädal või kaks. Toitutakse erinevatesse sugukondadesse kuuluvate kevadel õitsevate taimede õietolmust ja kui keskmine õhutemperatuur on tõusnud üle 12 °C, suunduvad naeri-hiilamardikad otsima ristõielisi taimi, et paarituda ja õiepungadesse muneda (Ekbom and Borg, 1996; Free and Williams, 1978).

Emased naeri-hiilamardikad munevad ainult ristõieliste taimede õiepungadesse, munast areneb vastne paari päevaga (Ekbom, 1998), täiskasvanuks areneb vastne umbes kuu ajaga (Williams and Cook, 2010). Munemiseks eelistatakse õiepungi, mis on kuni 3 mm pikkused (Alford, 2003). Kui pung, kuhu munetakse on suurem kui 2 mm, siis areneb pungast seemneid sisaldav kõder. Kui aga munetakse punga, mis on väiksem kui 2mm, siis kõtra ei arene ja saagile tekitatakse kahju (Gotlin Čuljak et al., 2016). Vastsed on kuni 5 mm pikkused, valge kreemika tooniga, pruuni-musta peaga ja kolme paari jalaga (Williams, 2010a). Vastsetel on kaks kasvujärku – esimese kasvujärgu vastsed toituvad kinnises pungas õietolmust 5–10 päeva ja teise kasvujärgu vastsed, aga liiguvad iga paari päeva tagant uuele õiele, et saada värsket õietolmu (Williams, 2010a; Williams and Cook, 2010).

Teise kasvujärgu vastsed laskuvad nukkuma mulda 2–3 cm sügavusele ja suve teisel poolel tõuseb moonde läbinud uus põlvkond hiilamardikaid mullast, kes toituvad erinevatel õitsevatel taimedel, kuni ilmade jahenemiseni. Kui ilmad muutuvad jahedamaks, siis suunduvad noormardikad talvituma. Emased noormardikad ei ole talvitumisele minnes suguküpsed (Free and Williams, 1978; Williams and Cook, 2010).

Rapsisaagile tekitavad peamist majanduslikku kahju hiilamardikate valmikud, kes kinnistest õiepungadest õietolmu kättesaamiseks hävitavad punga (Hervé et al., 2015). Nad augustavad õiepungi, kahjustades sellega sigimikku, tolmuks ja ka õiepõhja (Williams, 2010a; Williams and Ferguson, 2010). Ka vastsed võivad saagi suurust vähendada, kui neid on kinnises pungas palju, kus nad takistavad õie arengut, mille tagajärjel võivad õied kuivada ja variseda (Büchi, 2002). Kõige suuremat kahju tekitavad mardikad rohelise punga faasis, õitsevate taimede kasvustaadiumis enam saagile olulist kahju ei põhjustata (Alford et al., 2003).

Mardikad leiavad endale meelepärased toidutaimed üles kasutades nii nägemismeelt (eriti atraktiivsena mõjub kollane värv), kui ka haistmisele, mille põhjal tehakse toidutaimede valik (Cook et al., 2007). Toidu- ja paljunemistaimedele migreeruvad naeri-hiilamardikad ei liigu mööda maad, vaid lendavad. Peremeestaimede leidmiseks lendavad nad vastu tuult rapsipõllu suunas orienteerudes lõhnaaistingutest, aga samas mängib olulist rolli ka nägemistaju (Mauchline et al., 2017; Williams and Cook, 2010). Lennuaktiivsust mõjutab enamasti temperatuur, aktiivsem migreerumine algab, kui õhtutemperatuur on kõrgem kui 10 °C (Mauchline et al., 2017).

Naeri-hiilamardikate levimiskäitumist on siiani uuritud vähe, aga üldiselt saab migreerumist jagada nelja põhilisse etappi (Free and Williams, 1978; Mauchline et al., 2017; Williams, 2010a):

1. etapp: temperatuuri tõustes varakevadel talvituskohtadest väljumine ja toidutaimedele lendamine;
2. etapp: suundumine rapsipõldudele, et seal paarituda ja õiepungadesse muneda;
3. etapp: uue generatsiooni liikumine rapsipõldudelt ära ja uute toidutaimede otsimine. Söögisaad tootmisel sobivad samuti erinevatesse sugukondadesse kuuluvad õitsevad taimed, et neilt toituda enne talvituma minemist;
4. etapp: õhutemperatuuri langemisel suundumine talvituspaikadesse.

Kuna tegemist on väga väikeste mardikatega, siis individuaalselt on raske jälgida nende liikumist. Mõned uuringud, milles on kasutatud radioaktiivseid jälitusseadmeid on teinud kindlaks, et naeri-hiilamardikad suudavad lennata 13,5 kilomeetri kaugusele, aga arvatavasti suudavad nad läbida ka suuremaid vahemaid (Taimr et al., 1967).

## 2. MATERJAL JA METOODIKA

Käesoleva magistritöö eesmärk oli teha kindlaks, kas ja kui palju naeri-hiilamardikate talvitunud ja talvituma mineva põlvkonna arvukused erinevad, selgitada välja nende toidutaimede eelistused ning leida, kas neil on ka värvieelistusi toidutaimede õite osas. Eesmärgiks oli ka võrrelda 2016. ja 2017.a. tulemusi ja sellest tulenevalt võib esineda sarnasusi Gerda Arrase lõputööga pealkirjaga: „Naeri-hiilamardika (*Brassicogethes aeneus*) talvitunud ja uue põlvkonna arvukuse erinevused ja nende toidutaimede eelistused“.

### 2.1. Katsealad

Katsealad asusid Tartumaa erinevatel põllumajandusmaastikel Puhja, Rannu, Konguta ja Rõngu valdades (lisa 3). Kuna katse toimumiseks olid tähtsad mitteharitavate ja pool-looduslike alade, ning rapsipõldude olemasolu põllumajandusmaastikul, siis piirkondade valikul oligi see oluline faktor. Kuna antud uurimuse üks osa käsitleb ka kahe aasta võrdlevaid andmed, siis paiknesid transektid 2017. aastal samades kohtades, mis 2016. aastalgi. Katsed viidi läbi kahel perioodil – kevadel ja hilissuvel. Kevadine katseandmete kogumine viidi läbi 18–24. mail ja hilissuvine 23–28.augustil 2017. a.

Hiilamardikaid koguti alljärgnevatelt põllumajandusmaastiku elementidelt:

1. (Pool-looduslik) rohumaa serv – looduslik heinamaa, kasutusest väljas olev põld, kus võrakatvus oli väiksem kui 30%.
2. Metsaserv – looduslik või pool-looduslik puudega ala, kus võrakatvus oli suurem kui 30%.
3. Rohtne põlluserv – lineaarne rohtse taimestikuga põlluserv, kus võis esineda ka kraave ja võrakatvus oli väiksem kui 30%.
4. Puiskoridor – lineaarne puudega põlluserv (ala), kus võrakatvus oli suurem kui 30%.

## 2.2. Entomoloogilise materjali kogumine

Käesoleva lõputöö katseobjektiks oli naeri-hiilamardikas. Selleks, et saaks hinnata talvitunud ja talvituma minevate põlvkondade arvukust ja toidutaimede eelistusi, viidi läbi katsed varakevadel naeri-hiilamardikate talvituspaikadest väljumise ajal ja hilissuvel, enne kui uus põlvkond naeri-hiilamardikad suundus talvituspaikadesse. Lõputöö autor osales kõikidel välitöödel ja laboritöödel.

Entomoloogilise materjali kogumist viidi läbi kolm korda, kaks kogumistsükli kevadel mais ja üks augustis. Materjali kogumine tuli läbi viia kuiva ilmaga, tugeva tuuleta ja võimalikult sarnastes tingimustes igal katsepäeval, sellest tulenevalt tuli augusti kuus materjalide kogumine viia läbi kolmel päeval. Katsepäevade valik sõltus keskmisest temperatuurist, kui temperatuur oli tõusnud üle 10 °C ja raps polnud veel roheline punga faasis, siis suunduti talvitunud hiilamardikaid koguma transektidelt. Lisaks sellele seirati juhendaja poolt katsele eelnevatel nädalatel pidevalt erinevatel maastikuelementidel õitsevaid taimi, et veenduda, kas hiilamardikad on hakanud talvitumiskohtadest väljuma. Augusti kuine katsepäev valiti rapsi õitsemise lõppemise järgi ja arvestati ka vastsete moonde läbimise aega ja eelnevate aastate kogemusi.

Hiilamardikate kogumine toidutaimedelt viidi läbi kokku 20-l transektil, igal maastikuelemendil viies korduses. Transekti pikkus oli 100 meetrit ja laius 1,5 meetrit. Rohumaa puhul paiknes transekt vähemalt 25 meetri kaugusel tee servast.

Kõikidel transektidel loendati ja määrati liigini (või perekonnani) esmalt kõik õitsevad rohhtaimed. Tähtis oli jälgida, et loendamisele kuuluvad õied oleks avatud, kinniseid õisi ei loetud. Õitsevad toidutaimed loendati õitsevate üksuste alusel, kas õie, varre, kobara või õisiku arvu järgi, vastavalt taimeliigile (lisad 1 ja 2). Õisi loeti näiteks: harilikul võilillel, võsaülasel, kollasel ülasel, kuldtulikal, kibetulikal, metsmaasikal jne. Varre kaupa loeti näiteks: harilikku maajalga, kaarkollakat, lõosilma jne. Kobara järgi loeti kokku õitsvad taimed näiteks: harilikul ussikeelel, valgel ja kollasel mesikal jne. Õisiku järgi loeti kokku ja määrati järgnevad toidutaimed: põldohakas, hunditubakas, harilik käbihein, hiirehernes, humallutsern. Lisaks määrati õitseva üksuse õie värvus. Õied määratleti viies värvuses: kollane, valge, sinine, roosa ja lilla.



Kui taimed olid määratud ja loendatud, siis kontrolliti transektil kõik õied üle, et tuvastada, kas õiel leidub hiilamardikaid. Hiilamardika olemasolul õiel koguti õied üksuste kaupa minigrip kotti koos hiilamardikatega. Igale kotile märgiti peale ala, kust taim korjati, taime nimi ja kuupäev. Proovid viidi laborisse, säilitati sügavkülmikus -20 °C juures. Peale viimast välitööde faasi määrati ja loendati hiilamardikad laboris kasutades määrajat Kirk-Spriggs (1996) ja mikroskoopi (Olympus SZX 9). Naeri-hiilamardikad (*B. aeneus*) ja sinepi-hiilamardikad (*B. viridescens*) määrati liigini, ülejäänud esinevad hiilamardikad perekonnani (*Meligethes* sp., *Brassicogethes* sp.). Määratud hiilamardikad säilitatakse 70% piirituses ja sügavkülmas (-20 C) edasisteks uurimustöödeks.

### 2.3. Andmete statistiline analüüs

Andmete analüüsimiseks kasutati programme Microsoft Excel 2013 ja Statistica 64 versiooni 13.2 (Statsoft Inc., USA 2016). Keskmise talvitunud ja talvituma suunduvate naeri-hiilamardikate arvukus õitseva üksuse kohta maastikuelementidel selgitati välja kasutades üldistatud lineaarset mudelit (GLZ) Wald III statistikut, kasutades Poissoni jaotust ja *log*-link funktsiooni, kuna katseandmete jaotus ei vastanud normaaljaotusele. Augustis läbiviidud vaatlused, mis toimusid ajavahemikul 23–28. august, loeti analüüsimisel üheks vaatluskorraks, sest ebasoodsate ilmastikutingimuste tõttu ei saanud kõiki transekte samal päeval seirata. Variantide vaheliste erinevuste välja selgitamiseks kasutati post-hoc analüüsi (Tukey HSD testi ja Fisheri LSD testi). Õite arvukuse ja naeri-hiilamardikate arvukuse vahelise sõltuvuse hindamiseks kasutati Spearmanni korrelatsioonikordajat. Andmed loeti statistiliselt erinevaks kui  $p < 0,05$ .

Selleks, et analüüsida, kas naeri-hiilamardikad eelistavad mingit värvi, kasutati Murdoch'i valikuindeksit (C), mis iseloomustab erinevate värvuste suhtelist tähtsust hiilamardikate jaoks. Saadud tulemused näitavad, kas naeri-hiilamardikad eelistasid kindlasti ühte värvi õisi teistele. Murdoch'i valikuindeksiga (C) saadud tulemuste skaala on nullist lõpmatuseni. *Log*10 näitab seda, et kui naeri-hiilamardikad eelistasid toitumiseks mingit värvi õisi, siis tulemus on positiivne ja kui *log*10 tulemus on negatiivne, siis naeri-

hiilamardikad pigem vältisid seda värvi õisi. Õite värvigammat lihtsustati ja näiteks siniste toonide alla loeti ka punakas-sinised jne.

## **2.4. Töörühm**

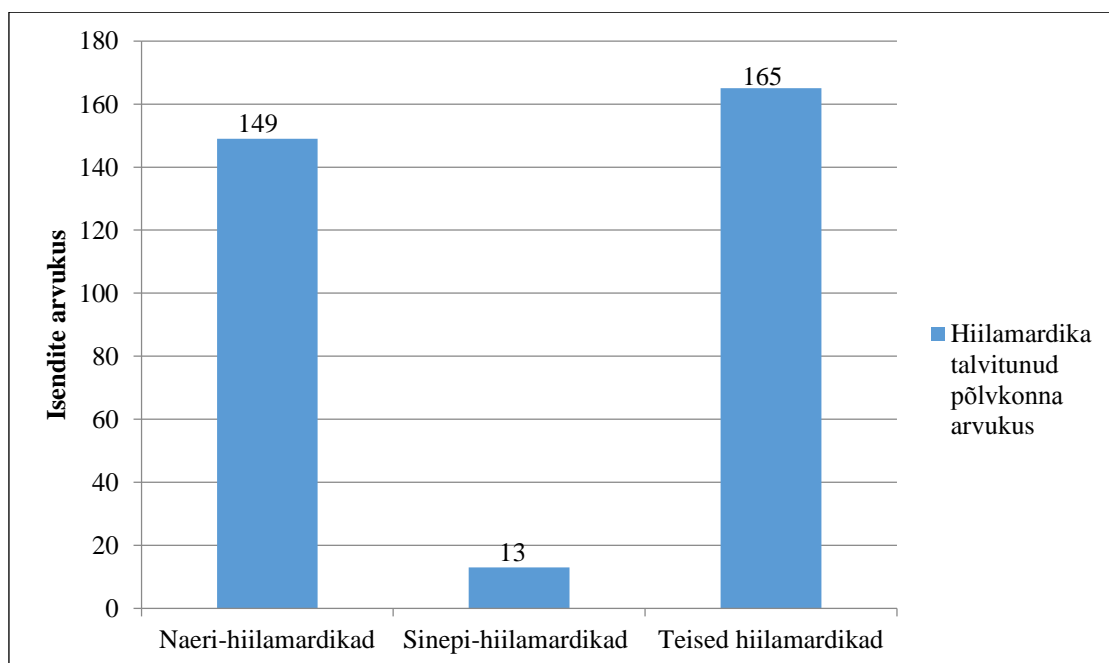
Töörühm, mille juht oli dotsent Eve Veromann, koosnes maastikukaitse- ja hoolduse tudengitest, kelleks olid Kätlyn Kaart, Triin Lõhmus ja Simon Regonen. Samuti kuulusid töörühma doktorandid: Gabriella Kovács ja Jonathan Willow.

Käesoleva töö autor osales Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimetervise õppetoolis entomoloogilise materjali kogumisel, sorteerimisel, välitöödel, andmete digitaliseerimisel ja analüüsil.

### 3. TULEMUSED JA ARUTELU

#### 3.1. Hiilamardika talvitunud põlvkonna arvukus

Välitööde kevadiste andmete põhjal leiti talvitunud naeri-hiilamardikaid kokku kõikidelt maastikuelementidelt 149 isendit (joonis 2). Samal ajal leiti sinepi-hiilamardikaid kokku ainult 13 isendit ja teisi hiilamardikaid (*Meligethes* sp., *Brassicogethes* sp.) kokku 165 isendit.



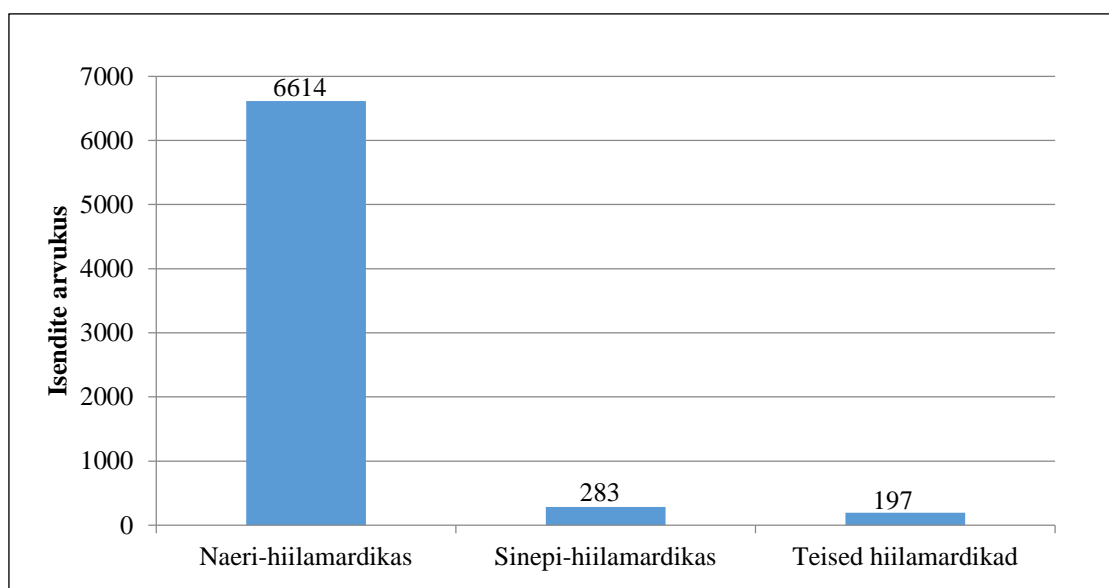
**Joonis 2.** Hiilamardika erinevate liikide talvitunud põlvkonna koguarvud 2017. a. mais Tartumaal.

Lisaks biotilistele teguritele mõjutavad hiilamardikate talvitumise edukukust ka abiootilised tegurid, nagu talvine õhutemperatuur ja lumikatte paksus. Katsele eelnenud talvel oli jaanuari kuus keskmine õhutemperatuur  $-2,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mis on  $1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  normist kõrgem ja sademete hulgaks 26 mm keskmiselt, mis on 25% normist (Riiklik Ilmateenistus, 2018b). Jaanuari alguses lumikate puudus ja kui madalad külmakraadid saabusid, siis võis külm kahjustada talvituvaid mardikaid. Kõige külmem päev oli 6. jaanuaril Tartu-Tõravere meteoroloogiajaama andmetel kui registreeriti  $-17,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  ja kõige soojem oli 19. jaanuar, kui

registreeriti 2,4 C° (Riiklik Ilmateenistus, 2018a). Eelnevalt on naeri-hiilamardikate külmataluvust uurinud Hiiesaar et al. (2011) ja sellest selgus, et naeri-hiilamardikatel on kõige väiksem külmataluvus kevadel ja kõige kõrgem on külmataluvus kesktalvel. Naeri-hiilamardikad taluvad pikema aja vältel külmakraade, mis ulatuvad kuni -10 C° (Hiiesaar et al., 2010), aga kuna jaanuaris langes katseaastal temperatuur -17,9 C°, siis saab oletada, et lumevaene ja külm temperatuur mõjutas talvituvat naeri-hiilamardika populatsiooni.

### 3.2. Hiilamardika talvituma mineva põlvkonna arvukus

Võrreldes kevadel talvitumiskohtadest väljunud põlvkonnaga oli talvituma minevate hiilamardikate hulk õitsevatel toidutaimedel märkimisväärselt suurem. Naeri-hiilamardikaid koguti sügiseste välitööde käigus kokku kõikidelt transektil esinenud õitsevatelt taimedelt 6614 isendit (joonis 3). Kõige rohkem ühe transekti kohta leiti naeri-hiilamardikaid arujumikalt (*Centaurea jacea* (L.)), kus 26 õiel oli kokku 873 naeri-hiilamardikat, seega üle 33 mardika õie kohta. Samuti võib välja tuua, et ühel maastikuelemendil oli kuuel harilikul võilillil (*Taraxacum officinale* (L.)) kokku 764 mardikat, seega ligi 130 mardikat õie kohta. Ka sinepi-hiilamardikaid leiti hilissuvisel perioodil oluliselt rohkem võrreldes kevadega, kokku leiti 283 mardikat. Teisi hiilamardikaid leiti kokku 197 isendit.



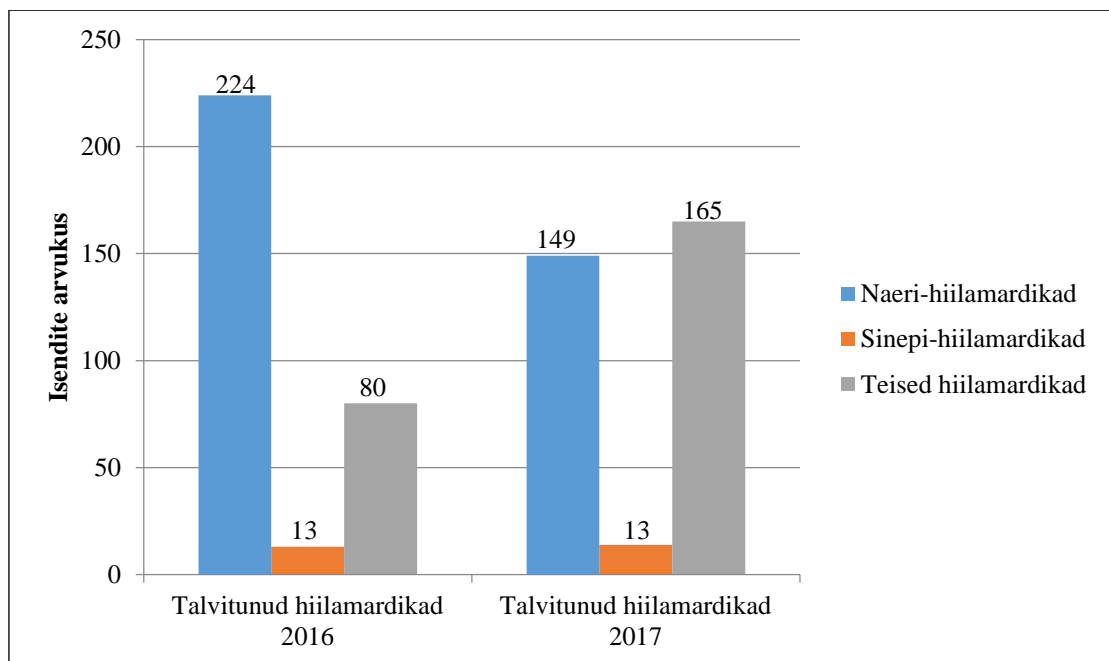
**Joonis 3.** Hiilamardika erinevate liikide talvituma minevate põlvkondade koguarvud 2017. a. augustis Tartumaal.

Hiilamardikate talvitumise edukus sõltub sellest, kui hästi nad saavad toituda enne talvituspaikadesse siirdumist (Mänd, 2008) ja seega sõltuvad nad põllumajandusmaastikul hilissuvel õitsevate taimede arvukusest. Kui võrrelda talvitunud naeri-hiilamardikate arvukust (joonis 2) ja talvituma suunduvate naeri-hiilamardikate arvukust (joonis 3), siis on näha, et mardikate arvukus on märkimisväärselt suurenenud – hilissuvel leiti 44 korda rohkem naeri-hiilamardikaid kui kevadel. Seega pakkusid nii tali- kui suvirapsi põllud naeri-hiilamardikatele ohtralt paljunemise võimalusi ja vastsed said ka moonde põllumullas edukalt läbida.

### **3.3. Hiilamardikate talvitunud ja talvituma mineva põlvkondade arvukuse võrdlus 2016–2017**

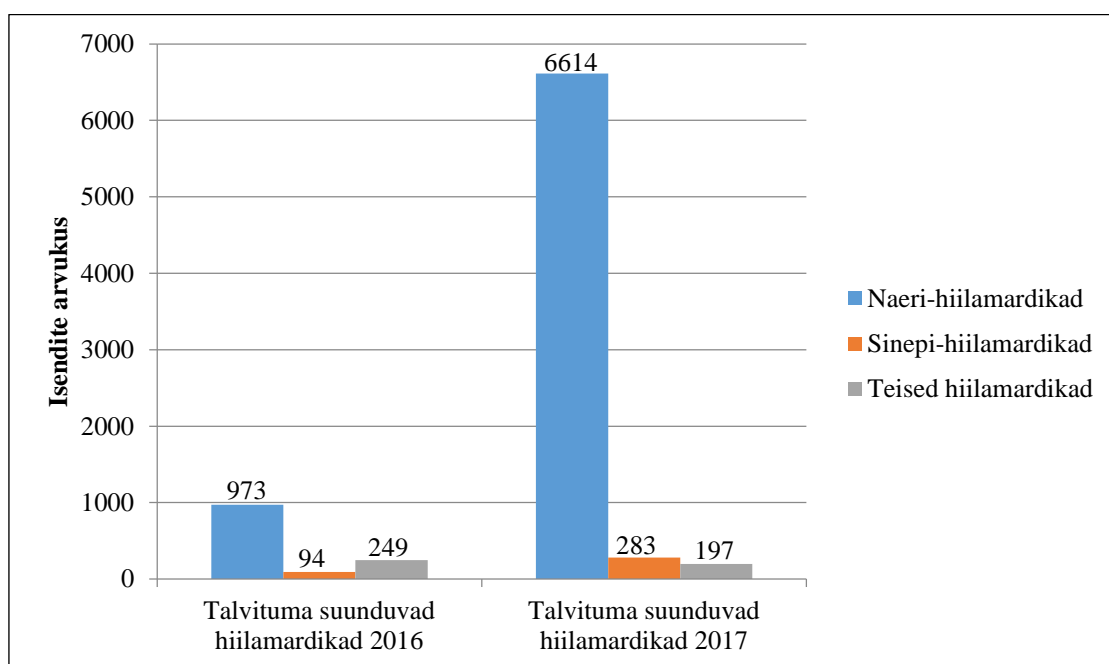
Võrreldes 2017. aastaga oli 2016. aastal hiilamardikate arvukus madalam ja välitööde käigus koguti õitsevatelt taimedelt kokku 1722 isendit, nendest naeri-hiilamardikaid oli 1197, sinepi-hiilamardikaid 107 ja teisi hiilamardiklasi 329 isendit (Arras, 2017). Samas kui 2017. aastal koguti talvitunud ja talvituma suunduvaid hiilamardikaid kokku üle nelja korra rohkem – 7421 isendit, nendest olid naeri-hiilamardikaid 6763 isendit, sinepi-hiilamardikaid 296 ja teisi hiilamardikaid 362.

Talvitunud naeri-hiilamardikaid leiti 2017. aastal 1,5 korda vähem, kui aastal 2016 (joonis 4). Sinepi-hiilamardikate arvukus oli mõlemal aastal sama ja see tuleneb tõenäoliselt sellest, et sinepi-hiilamardikad eelistavad soojemat temperatuuri ja väljuvad talvituspaikadest hiljem. Samuti eelnevate uuringutega on kindlaks tehtud, et sinepi-hiilamardikate arvukus on madalam võrreldes naeri-hiilamardika arvukusega ja moodustab umbes 10% naeri-hiilamardikate arvukusest (Billqvist and Ekbom, 2001; Reddy, 2017; Williams, 2010a). Naeri-hiilamardikad tulevad talvituspaikadest välja, kui õhutemperatuur oli tõusnud 10 °C (Alford et al., 2003), seega oli mõlemal aastal oluline jälgida, et katsed toimuks enne rapsitaimede roheline punga faasi jõudmist, kuna siis oleks naeri-hiilamardikad liikunud maastikuelementidelt rapsipõldudele toituma ja sigima.



**Joonis 4.** Talvitunud hiilamardikate koguarvud 2016 ja 2017 aastal Tartumaal.

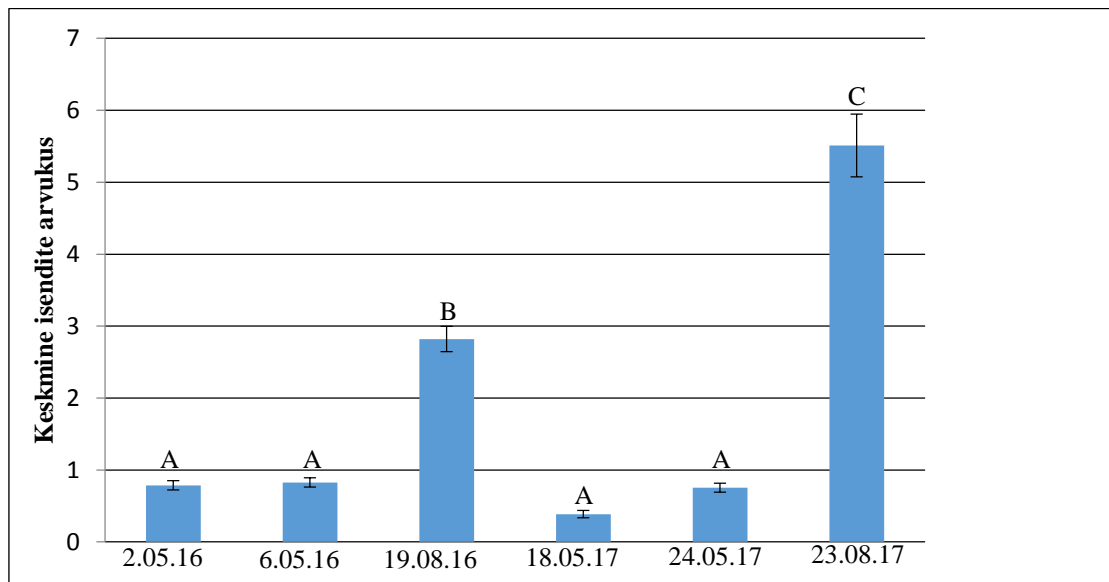
Vastupidiselt talvitunud põlvkondadele oli talvituma suunduvate hiilamardikate arvukus 2017. aastal 5,4 korda suurem, kui 2016. aastal (joonis 5). Sealjuures oli naeri-hiilamardikate arvukus 6,8 korda suurem ja sinepi-hiilamardikate arvukus kolm korda suurem, kui 2016. a. Seevastu teisi hiilamardiklasi leiti 2017. aastal 1,3 korda vähem, kui eelneval aastal (joonis 5).



**Joonis 5.** Talvituma suunduvate hiilamardikate koguarvud 2016. ja 2017. aastal Tartumaal.

Analüüsid kahe aasta andmeid koos leiti, et seire ajal oli oluline mõju naeri-hiilamardikate arvukusele õie kohta (GLZ test Wald3:  $\chi^2=1899,4$ ,  $p<0,00001$ ; joonis 6). Kõige rohkem leiti mardikaid 2017. aasta augustis, mis erines oluliselt kõikidest teistest kuupäevadest (Tukey HSD test,  $p<0,05$ ).

Kui 2016. aasta augustis leiti talvituma minevaid hiilamardikaid keskmiselt 2,82 isendit õie kohta, siis kevadeks oli nende arv ligi viis korda vähenenud: keskmiselt leiti 0,57 isendit õie kohta (Tukey HSD test:  $p=0,05$ ). Seega läbis talvitumise edukalt ainult 20% eelmisel sügisel talvitumiskohtadesse siirdunud isenditest.



**Joonis 6.** Keskmine ( $\pm$ SE) naeri-hiilamardikate arvukus õitseva üksuse kohta 2016. ja 2017. aasta katsepäevadel, Tartumaal. Erinevad tähed joonisel tähistavad statistiliselt olulist erinevust kuupäevade vahel (Tukey HSD test,  $p<0,05$ ).

Tõenäoliselt mängisid olulist rolli talvitunud hiilamardikate arvukuse vähenemisel talvised temperatuurid ja lumikatte paksus nii 2016. kui ka 2017. aastal. Mõlemal talvel iseloomustas lumikatte sulamine sooja temperatuuri tõttu ja seejärel tugevate miinuskraadidega periood lumikatte vabal ajal. Kokku suundus 2016. aastal talvituma 973 naeri-hiilamardika isendit ja 2017 tuli talvitumast 149 isendit, seega kahanes populatsioon talve jooksul 6,5 korda. Talvised temperatuurid on üks oluline populatsiooni suurust kahandav faktor, seda kinnitavad ka eelnevad uuringud, et talvised temperatuuride kõikumised ja liigniisked alad põhjustavad mardikate suurt suremust (Pywell et al., 2005;

Rusch et al., 2012). Samuti võivad mardikate arvukust talvitumise ajal mõjutada mullas või mullapinnal liikuvad röövtoidulised lüljalgsed, entomopatogeensed nematoodid, -seened ja -bakterid (Ulber et al., 2010). Seega võisid mõlemal aastal populatsiooni vähendavateks faktoriteks olla talvised tingimused, entomofaagid ja -patogeenid.

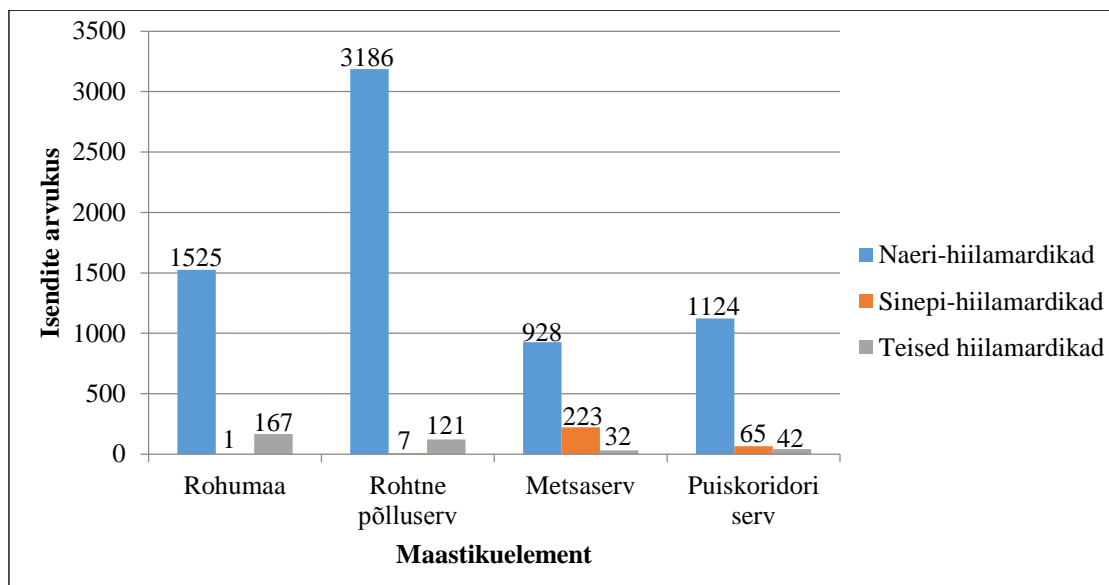
Samas suutsid naeri-hiilamardikad suve jooksul oma populatsiooni edukalt suurendada mõlemal aastal – 2016. aastal neli ja 2017. aastal 44 korda suuremaks. Edukaks talvitumiseks on oluline õitsevate taimede olemasolu põllumajandusmaastikul, millelt toituda enne talvituma suundumist. Võrreldes kevadega oli augustis mõlemal aastal ka õite arvukus transektidel oluliselt madalam ja seega võis putukatel tekkida ka konkurents toiduressursi suhtes, seda aspekti käsitletakse allpool toodud peatükkides.

### **3.4. Hiilamardikate arvukus ja toidutaimed**

#### **3.4.1. Hiilamardikate arvukus erinevatel maastikuelementidel**

Erinevatelt maastikuelementidelt kogutud hiilamardiklastest leiti 2017. a. kõige rohkem naeri-hiilamardikaid (joonis 7). Kõige rohkem leiti naeri-hiilamardikaid rohtselt põlluservalt, sellele järgnes rohumaa, kust koguti 2,1 korda vähem mardikaid, kui rohtselt põlluservalt. Kõige vähem leiti naeri-hiilamardikaid metsaservast, kus nende arvukus oli 3,4 korda väiksem võrreldes rohtse põlluservaga. Seevastu sinepi-hiilamardikaid koguti kõige rohkem just metsaservast. Puiskoridorist leiti neid viimasega võrreldes 3,43 korda vähem. Teistesse liikidesse kuuluvaid hiilamardiklasi leiti kõige rohkem rohumaaalt (joonis 7).



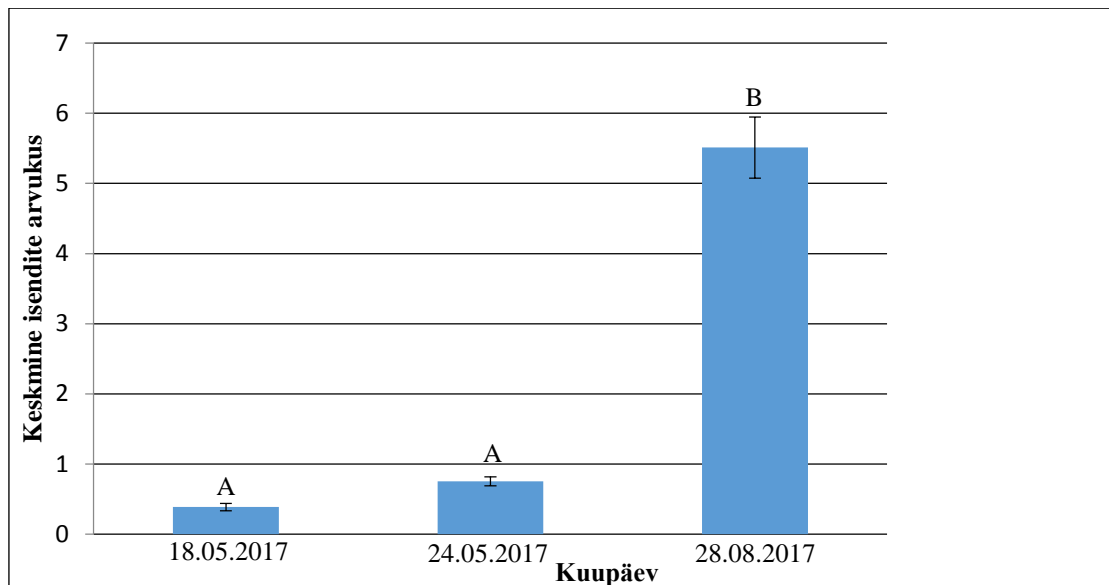


**Joonis 7.** Hiilamardikate koguarvud erinevatel maastikuelementidel 2017.a. Tartumaal.

### 3.4.2. Naeri-hiilamardikate arvukus erinevatel maastikuelementidel

Naeri-hiilamardikate arvukus erinevatel maastikuelementidel näitab seda, kust nad kevadel talvitumiskohast väljudes kõige sobivamaid toidutaimi leiavad, et küpsussöömine läbi viia. Naeri-hiilamardikate arvukus maastikuelementidel hilissuvel viitab sellele, kust mardikad leiavad toidutaimi rapsipõllult lahkudes enne talvituma suundumist.

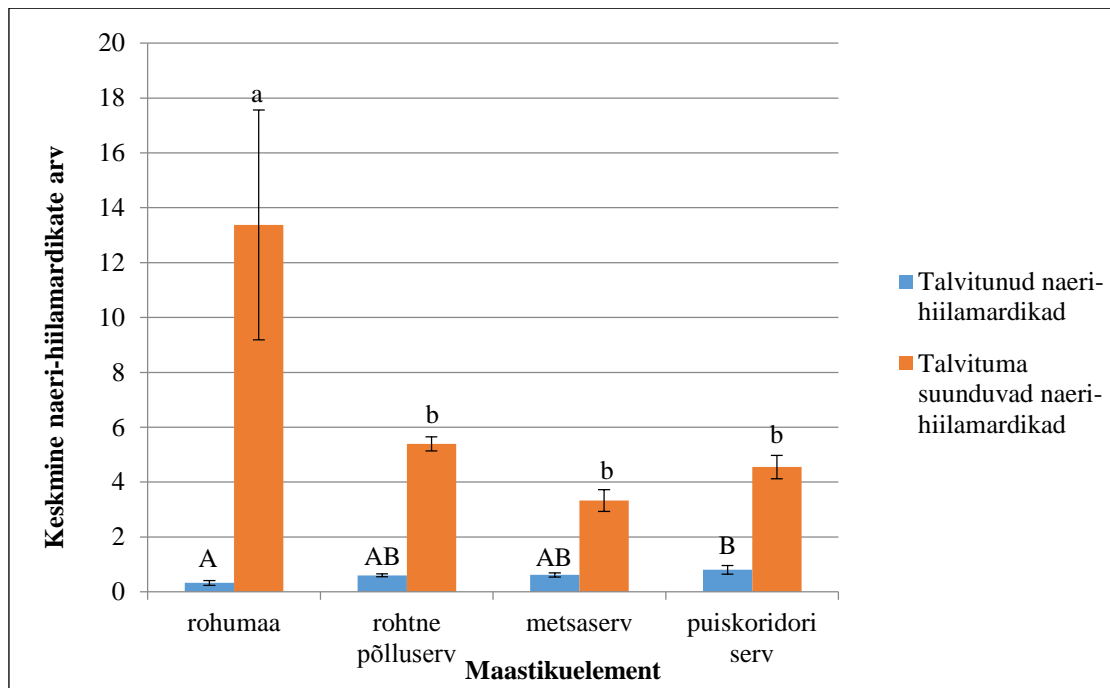
Võrreldes kevadega leiti hilissuvel 7,86 korda rohkem naeri-hiilamardikaid õie kohta (GLZ test Wald3:  $\chi^2_{(2)}=705,39$ ,  $p<0,00001$ ; joonis 8). Seega oli naeri-hiilamardikate populatsioon suve jooksul suurenenud ligi kaheksa korda õitseva üksuse kohta. Kevadel oli talvitunud naeri-hiilamardikate keskmine arvukus õie kohta väga madal, ulatudes vaid  $0,7 (\pm 0,06 \text{ SE})$  isendini õie kohta ja erinevate kuupäevade vahel statistiliselt olulist erinevust ei leitud ( $p>0,05$ ; joonis 8).



**Joonis 8.** Keskmine ( $\pm$ SE) naeri-hiilamardikate arvukus õitseva üksuse kohta mais ja augustis 2017, Tartumaal. Erinevad tähed joonisel tähistavad statistiliselt olulist erinevust kuupäevade vahel (Tukey HSD test,  $p < 0,05$ ).

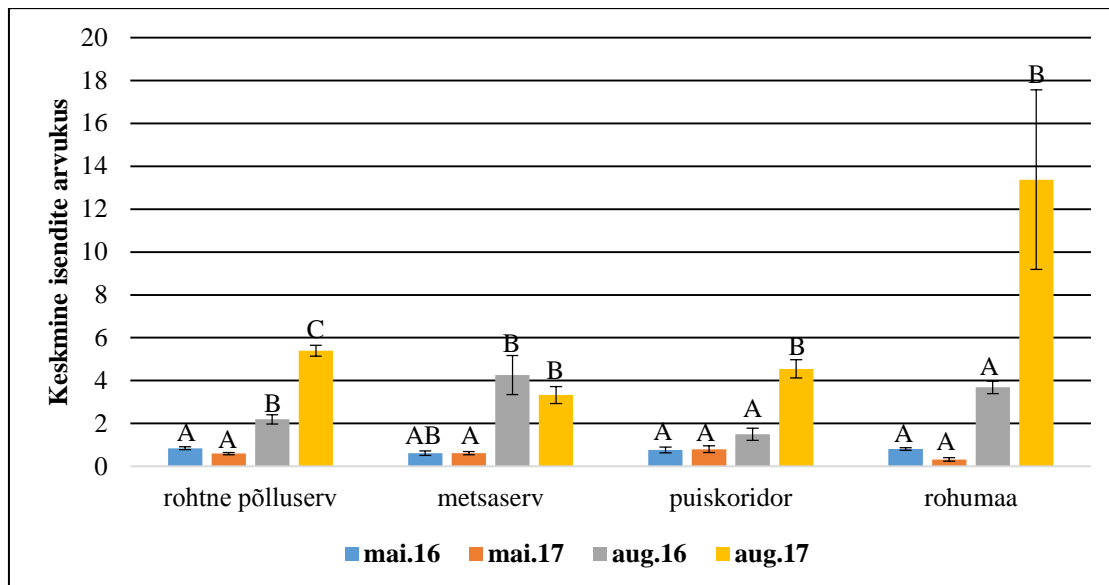
Üldiselt oli talvitunud naeri-hiilamardikate arvukus taime kohta väga madal ja ulatus kõige rohkem 0,8 ( $\pm 0,16$ ) isendini taime kohta. Maastikuelement mõjutas oluliselt talvitunud putukate arvukust õie kohta (GLZ test Wald3:  $\chi^2_{(3)} = 8,37$ ,  $p = 0,039$ ; joonis 9). Statistiliselt oluliselt rohkem leiti mardikaid puiskoridoris leiduvatelt õitsevatelt taimedelt, võrreldes rohumaaga (Tukey HSD test  $p = 0,0059$ ), teiste maastikuelementide vahel statistiliselt olulist erinevust ei leitud (Tukey HSD test  $p > 0,05$ ; joonis 9). Eelnevad uuringud on näidanud samuti, et naeri-hiilamardikad eelistavad talvitumiseks rohkem puudega alasid (Rusch et al., 2012), nagu näitavad ka saadud tulemused.

Augustis läbiviidud vaatluse käigus oli talvituma minevate naeri-hiilamardikate arvukus taime kohta oluliselt kõrgem, ulatudes keskmiselt 13,37 ( $\pm 4,19$ ) isendini taime kohta. Sarnaselt kevadega, mõjutas ka augustis talvituma minevate putukate arvukust oluliselt maastikuelement (GLZ test Wald3:  $\chi^2_{(3)} = 1400$ ,  $p < 0,0001$ ; joonis 9). Kõige rohkem leiti talvituma minevaid mardikaid rohumaalt, mis erines oluliselt kõikidest teistest maastikuelementidest (Tukey HSD test,  $p < 0,0001$ ). Teised maastikuelemendid omavahel statistiliselt oluliselt ei erinenud.



**Joonis 9.** Keskmine ( $\pm$ SE) talvitunud ja talvituma suunduvate naeri-hiilamardikate hulk õitseva üksuse kohta erinevatel maastikuelementidel Tartumaal 2017. Erinevad tähed joonisel tähistavad statistiliselt olulist erinevust maastikuelementide vahel (Tukey HSD test,  $p < 0,05$ ).

2016. ja 2017. aastal läbi viidud katsed näitasid, et talvituma suundus naeri-hiilamardikaid mõlemal aastal kõige rohkem rohumaalt ja rohtselt põlluservalt (joonis 10). Samas arvukustes olid erinevused suured: 2017. aasta augustis suundus talvituma rohumaalt ( $13,37 \pm 4,19$ ) isendit ja 2016. aasta augustis ( $3,69 \pm 0,29$ ), mis erinesid omavahel statistiliselt oluliselt (Tukey HSD test,  $p < 0,05$ ). Talvituma minev hiilamardikate põlvkond rohtsel põlluserval ja puiskoridoris oli 2017. aastal oluliselt suurem, kui 2016. aastal ( $p < 0,05$ ; joonis 10) samas, kui kevadel populatsioonide suurused eri aastatel omavahel ei erinenud ( $p > 0,05$ ). Seevastu metsaservas ei leitud 2016. ja 2017. aasta vahel statistiliselt olulist erinevust kummagi põlvkonna puhul ( $p > 0,05$ ). Statistiliselt oluliselt erines seal vaid 2017. aasta talvitunud põlvkond nii 2016. aasta, kui ka 2017. aasta talvituma suunduvast põlvkonnast ( $p < 0,05$ ).



**Joonis 10.** Keskmine ( $\pm$ SE) talvitunud ja talvituma suunduvate naeri-hiilamardikate hulk õitseva üksuse kohta erinevatel maastikuelementidel 2016. ja 2017. aastal Tartumaal. Erinevad tähed joonisel tähistavad statistiliselt olulist erinevust kuupäevade vahel maastikuelemendi lõikes (Tukey HSD test,  $p < 0,05$ ).

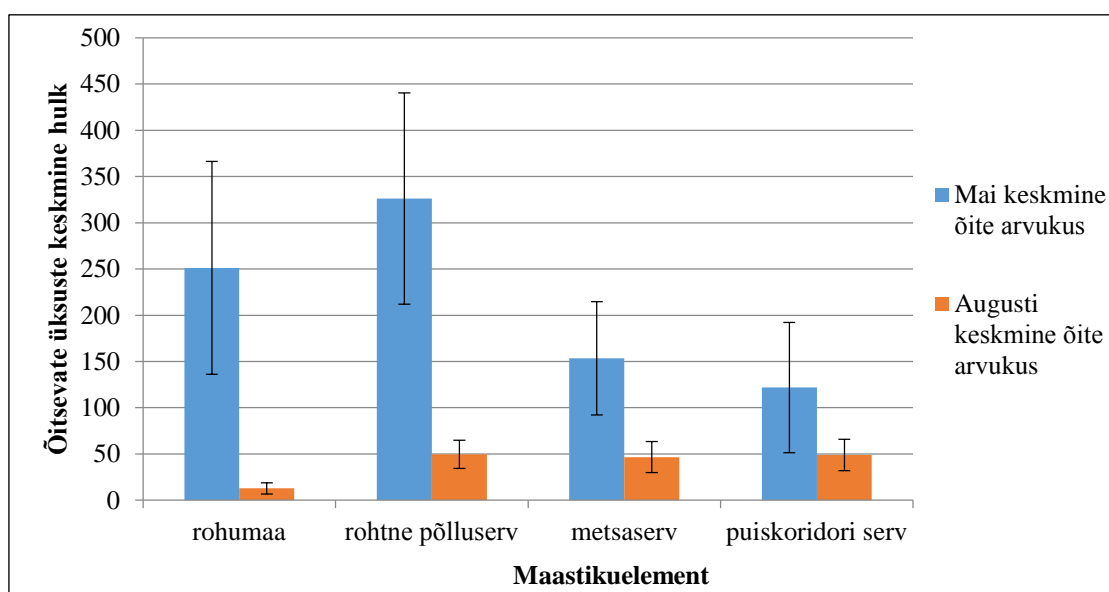
Kahe katseaasta võrdlusest selgus, et nii 2016. aasta, kui ka 2017. aasta mais oli naeri-hiilamardikate arvukus õitseva üksuse kohta väga madal ja ulatus kõige rohkem vastavalt 1,17 ja 0,8 isendit õitseva üksuse kohta. Kuna mõlemal aastal oli talvitunud naeri-hiilamardikate arvukus väga madal, siis oli ka talirapsi põldudel mõlemal aastal rapsitaimede roheline punga staadiumis kahjurite arvukus väga madal (alla 0,1 mardika taime kohta, E. Veromanni suulised andmed) ja põllumehed ei pidanud hiilamardika vastu tõrjet läbi viima. Talvituma suunduvaid naeri-hiilamardikaid oli 2016. aastal õitseva üksuse kohta 3,63 samas, kui 2017. aastal oli 13,37 isendit õitseva üksuse kohta.

Katsetest selgus, et talvituma suunduvad naeri-hiilamardikad kasutasid toitumiseks õitsevaid taimi, mis asusid rapsi põldude läheduses rohumaaadel ja põlluservadel. 2017. aastal selgus, et talvitunud naeri-hiilamardikad leidsid esmalt toitu metsaservades ja puiskoridorides õitsevatelt taimedelt ja selle alusel spekulierides me võime eeldada, et nad ka talvitusid nendel maastikuelementidel, mida kinnitavad ka eelnevad uuringud (Rusch et al., 2012).

### 3.4.3. Toidutaimede arvukus maastikuelementidel

Maastikuelement mõjutas nii mais, kui ka augustis õitsevate üksuste hulka transektil (GLZ test Wald3 vastavalt:  $\chi^2_{(3)}=3684$ ,  $p<0,00001$  ja  $\chi^2_{(3)}=462,83$ ;  $p<0,00001$ ; joonis 11). Kevadistel katsepäevadel loendati keskmiselt maastikuelemendi kohta suhteliselt rohkem õitsevaid üksuseid rohtsel põlluserval ( $326,2\pm114,2$ ) ja rohumaal ( $251,1\pm115,1$ ), mis aga omavahel statistiliselt ei erinenud. Augustis läbiviidud katsepäevadel oli õitsevate üksuste arvukus keskmiselt transekti kohta erinevatel maastikuelementidel oluliselt madalam, võrreldes kevadega (GLZ test Wald3:  $\chi^2_{(2)}=13629$ ,  $p<0,00001$ ; joonis 11). Augustis oli õitsevate üksuste keskmine arv transekti kohta sarnane rohtsel põlluserval ( $49,57\pm15,11$ ), puiskoridoris ( $49,02\pm17$ ) ja metsaserval ( $46,53\pm16,8$ ), mis omavahel statistiliselt oluliselt ei erinenud ( $p>0,05$ ). Samas oli rohumaal õitsevate üksuste keskmine arv transekti kohta 3,85 korda madalam ( $12,85\pm6,03$ ).

Nii mais, kui augustis leiti naeri-hiilamardikate arvukuse ja õitsevate üksuste arvukuse vahel nõrk aga statistiliselt oluline seos (vastavalt:  $R^2=0,05$ ,  $p=0,013$  ja  $R^2=0,04$ ,  $p=0,018$ ).

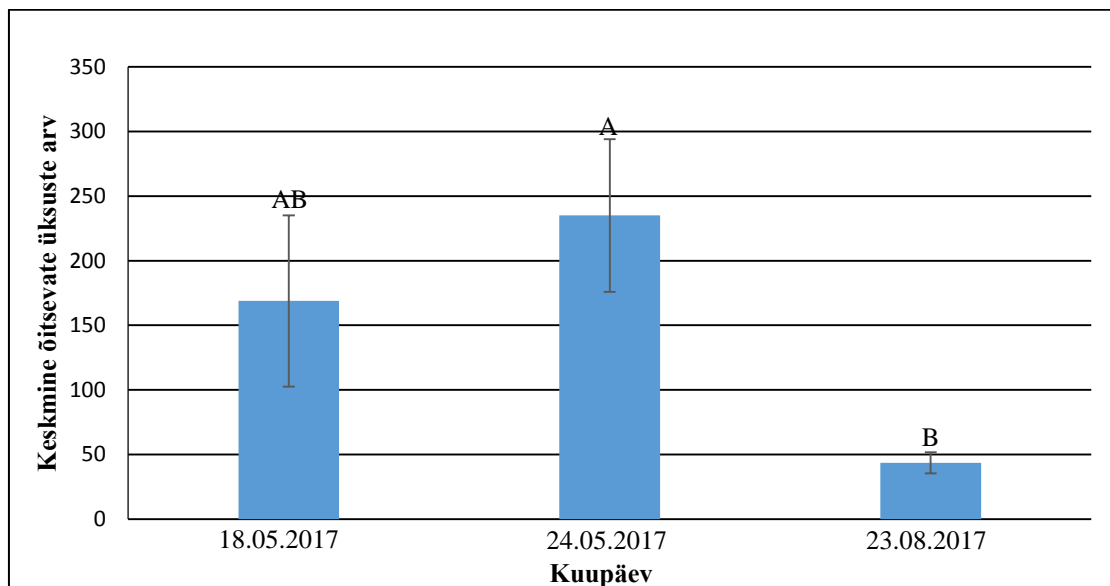


**Joonis 11.** Õitsevate üksuste keskmine ( $\pm$ SE) arvukus maastikuelementidel mais ja augustis, Tartumaal, 2017. aastal.

Mai kuu kõrge keskmine õite arvukus oli tingitud hariliku võilille ja hariliku maajala suurest arvukusest kõikidel maastikuelementidel, samuti mõjutas mai kuu keskmist õite arvukust võsaülaste kõrge arvukus metsaservas ja puiskoridori servas, ning kollase ülase

kõrge arvukus metsaservas. Augusti kuus seevastu õitses oluliselt rohkem erinevaid taimeliike, aga sellegi poolest jäi keskmine õite arvukus madalamaks, kui kevadel.

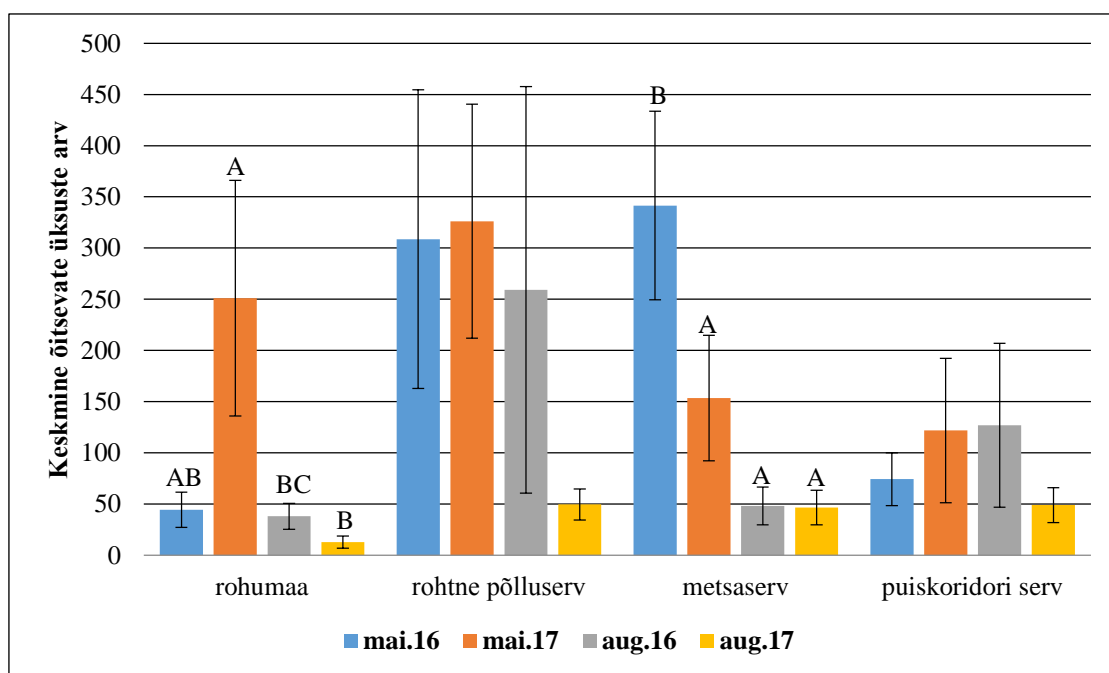
Õitsevate üksuste hulk transektil sõltus oluliselt ajast (GLZ test Wald3:  $\chi^2_{(2)}=13629$ ,  $p<0,00001$ ; joonis 12). 24. mail loendati keskmiselt kokku kõige rohkem õitsevaid üksuseid ( $234,9\pm59,01$ ), 18. mail loendati keskmiselt kokku õitsevaid üksuseid ( $168,8\pm66,14$ ), kevadised katsekuupäevad ei erinenud oluliselt statistiliselt ( $p>0,05$ ). Augusti kuusel katsepäeval loendati keskmiselt kokku õitsevaid üksuseid transektil ( $43,7\pm8,2$ ), mis erines ka oluliselt statistiliselt 24. mail kokku loendatud tulemusest. Kuigi augustis loendati keskmiselt transekti kohta 3,86 korda vähem õitsevaid üksuseid, kui 18. mail, ei erinenud need omavahel statistiliselt oluliselt ( $p>0,05$ ).



**Joonis 12.** Õitsevate üksuste keskmine ( $\pm$ SE) arvukus transektil erinevatel katse toimumise kuupäevadel, Tartumaal 2017. Erinevad tähed joonisel tähistavad statistiliselt olulist erinevust kuupäevade vahel (Tukey HSD test,  $p<0,05$ ).

Kui võrrelda õitsevate üksuste keskmist arvukust maastikuelementidel (joonis 11) ja keskmist naeri-hiilamardikate arvukust õitseva üksuse kohta mais ja augustis (joonis 9), siis selgus, et olenemata augusti kuisest madalast õitsevate üksuste keskmisest arvukusest, leiti siiski augusti kuus keskmiselt rohkem naeri-hiilamardikaid taimede kohta. Mai kuus seevastu oli õitsevate üksuste keskmine arv kõrgem, aga naeri-hiilamardikaid leiti keskmiselt taimede kohta vähem. Sellest saab järeldada, et naeri-hiilamardikad valivad siiski toidutaimi, nii kevadel, kui ka hilissuvel ja ei toituta juhuslikel õitsevatel taimedel.

Kahe aasta katsetest selgus, et õitsevate üksuste keskmine arvukus sõltus maastikuelemendist nii 2016. aasta mais (GLZ test Wald3:  $\chi^2_{(3)}=3170$ ;  $p<0,00001$ ) ja augustis (GLZ test Wald3:  $\chi^2_{(3)}=6120$ ;  $p<0,00001$ ), kui ka 2017. aasta mais (GLZ test Wald3:  $\chi^2_{(3)}=3685$ ;  $p<0,00001$ ) ja augustis (GLZ test Wald3:  $\chi^2_{(3)}=462,83$ ;  $p<0,00001$ ; joonis 13). Statistiliselt olulised erinevused leiti 2016. ja 2017. aasta vahel rohumaal ja metsaservas (Fisher LSD test,  $p<0,05$ ), teistel maastikuelementidel olulist statistilist erinevust aastate vahel ei leitud. Õitsevaid üksuseid oli keskmiselt kõige rohkem 2016. aasta mais metsaservas ( $341,51\pm92,09$ ), seevastu 2017. aastal oli kõige kõrgem keskmine õitsevate üksuste arv mai kuus rohtsel põlluserval ( $326,22\pm114,22$ ). Augusti kuus leiti õitsevaid üksuseid keskmiselt kõige rohkem nii 2016. aastal, kui 2017. aastal rohtselt põlluservalt (vastavalt:  $259,25\pm198,52$ ;  $49,57\pm15,11$ ).



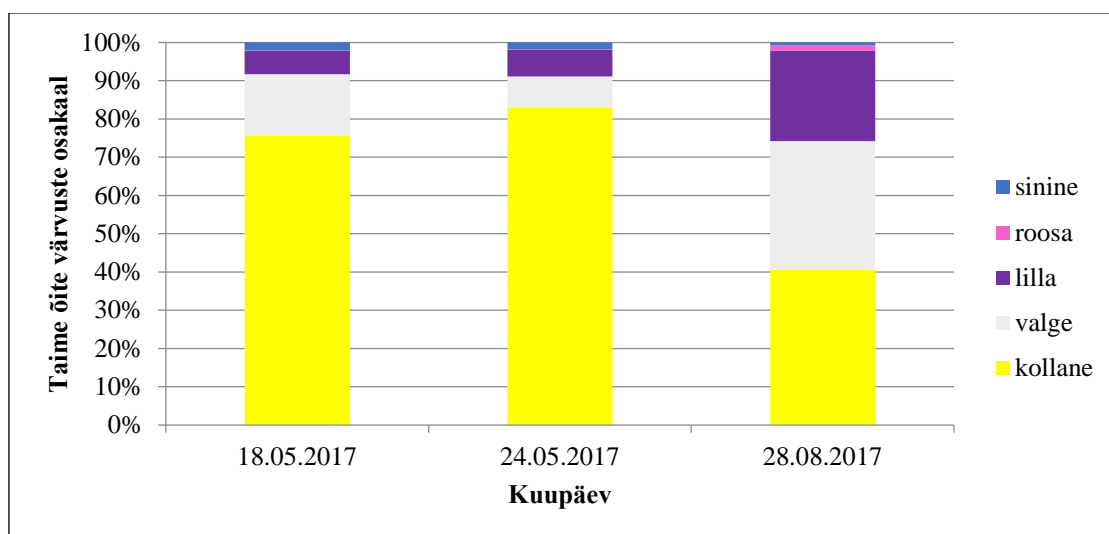
**Joonis 13.** Õitsevate üksuste keskmine ( $\pm$ SE) arvukus katse erinevatel maastikuelementidel, mais ja augustis 2016. ja 2017. aastal, Tartumaal. Erinevad tähed joonisel tähistavad statistiliselt olulist erinevust erinevate aastate vahel maastikuelementide lõikes (Fisher LSD test,  $p<0,05$ ).

Hiilamardikate paljunemise edukust mõjutavad samuti mitmed abiootilised ja biootilised tegurid. Varasemad uuringud näitavad, et ka mulla keemilised ja füüsikalised omadused mõjutavad naeri-hiilamardikate paljunemise edukust, kuna nad läbivad nukufaasi mullas,

siis on oluline, et muld oleks neile moonde läbimiseks sobivate omadustega (Zaller et al., 2008). Samuti on tehtud kindlaks, et küpsussöömise ajal paljudelt erinevatelt taimedelt toitumine mõjutab positiivselt paljunemise edukust ja munade arengut (Miura and Ohsaki, 2004). Lisaks sellele mõjutavad uue põlvkonna arvukust vähendavalt nii parasitoidid, kui ka röövtoidulised lülijalgseid. Ka agrotehnika, sealhulgas insektitsiidide kasutamine mõjutab oluliselt naeri-hiilamardikate paljunemise edukust. Kuna mõlemal aastal suutsid naeri-hiilamardikad kasvatada enda populatsioone mitmeid kordi suuremaks, siis saab järeldada, et neil olid soodsad tingimused paljunemiseks.

#### 3.4.4. Erinevate taimede õite värvuste osakaal maastikuelementidel

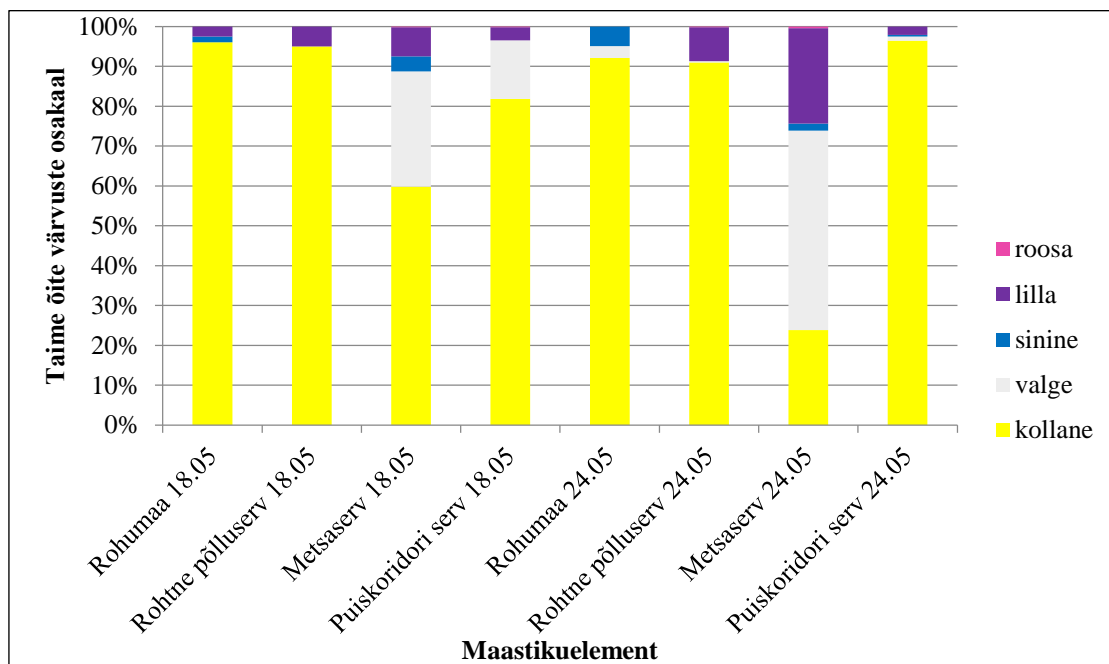
Maastikuelementidel õitsenud taimi analüüsiti ka õievärvuste alusel. Nii 2016. ja 2017. aastal koostati õite värvuste valim viie värvi põhjal: kollane, valge, roosa, lilla ja sinine. Mai kuus läbiviidud katsepäevadel domineeris ülekaalukalt kollane värv, moodustades 75,7–82,9 % kogu valimist (joonis 14). Järgnes valge õite värvus 8,2–16%, teiste värvuste osakaal oli marginaalne (joonis 14). Seevastu augustis oli erinevate õite värvustega taimede jaotus oluliselt mitmekesisem võrreldes kevadega – kollase, valge ja lilla värvusega õied moodustasid kokku 97,9%. Kuigi kollase osakaal oli suurim, moodustades 40,6%, oli ka valgete ja lillade õitega taimi suhteliselt sarnaste osakaaludega (vastavalt 33,6 ja 23,7%).



**Joonis 14.** Õitsevate taimede erinevate värvuste osakaalud erinevatel katsepäevadel, Tartumaal 2017.

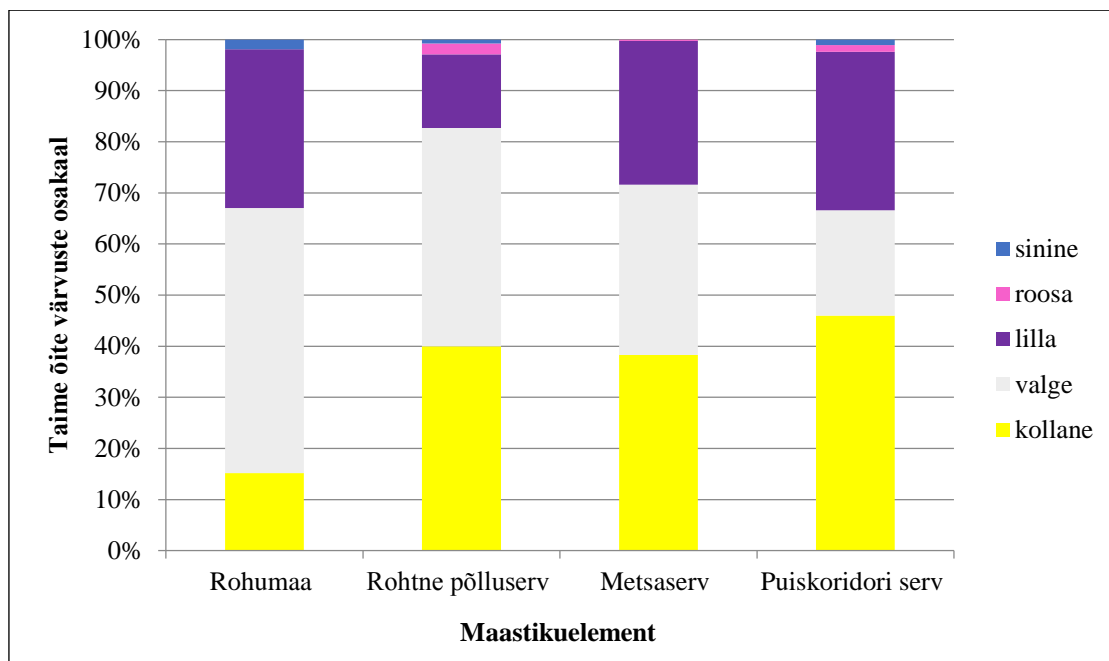


Maastikuelementidel jäi kollane valim vahemikku 59,8–96,4%. Ainukese maastikuelemendi eristus teistest metsaserv, kus 24.05 kollane värvus ei domineerinud ja jäädes vaid 23,8% juurde (joonis 15). Valgete õitega taimed järgnesid arvukuselt kollasele ja moodustas kogu valimist 14,7–50,1% (joonis 15). Lilla värvus moodustas valimist 2,5–24% ning roosa ja sinine värvust olid esindatud vaid marginaalselt.



**Joonis 15.** Erinevat värvi õite osakaalud erinevatel maastikuelementidel, mais 2017, Tartumaa.

Augusti kuusel katsepäeval olid erinevat värvi õitega taimed maastikuelementidel jaotunud ühtlasemalt. Kogu valimist moodustasid kollane, valge ja lilla värvus kokku 97,1–99,8% (joonis 16). Kollane värvus moodustas 15,2–46% kogu valimist, valge värv moodustas valimist 20,6–51,9%. Lilla värvus oli arvukuselt kolmas ja moodustas valimist 14,4–31,1%. Sarnaselt mai kuuga oli sinise ja roosa värvuse osakaal maastikuelementidel marginaalne ja jäi vahemikku 0,2–2,1%.



**Joonis 16.** Erinevat värvi taimede osakaalud erinevatel maastikuelementidel, 28. august 2017, Tartumaa.

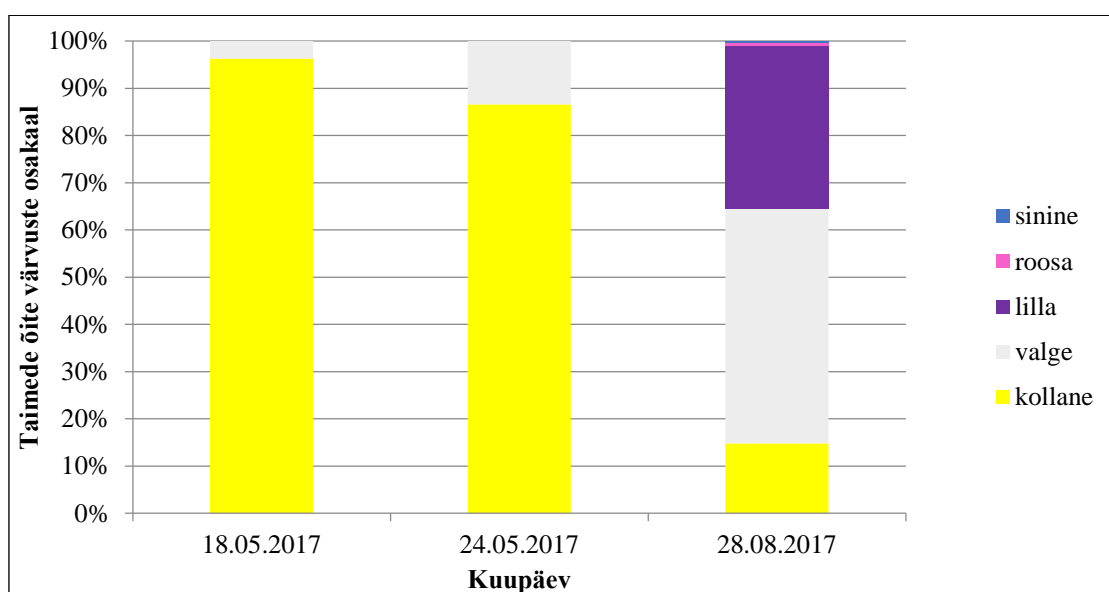
Kõikidel maastikuelementidel määratud õitsevate üksuste põhjal saab tuua välja, et mõlemal aastal domineeris mai kuus kollane värvus, 2016. aastal jäi kollane värvus valimi vahemikku 66,6–68,8% ja 2017. aastal moodustas kollane värvus mai kuu valimist 75,7–82,9%. Seevastu augusti kuised õite värvid erinesid oluliselt. 2016. aastal domineeris sinine värvus moodustades valimist 49,5%, järgnes kollane 27,9%, valge 11,8% ja lilla 10,4%, roosat värvi esines kõigest 0,4%. Seevastu 2017. aastal kõikidel maastikuelementidel esines kõige rohkem kollast värvi 40,6%, valge 33,6%, lilla 23,7%, roosa 1,3% ja sinine 0,8%.

### 3.4.5. Talvitunud ja talvituma suunduvate hiilamardikate toidutaimede värvuste eelistused

Talvitunud ja talvituma suunduvate hiilamardikate toidutaimede värvuste eelistused näitavad, millist värvi taimedelt toitusid naeri-hiilamardikad kõige meelsamini.

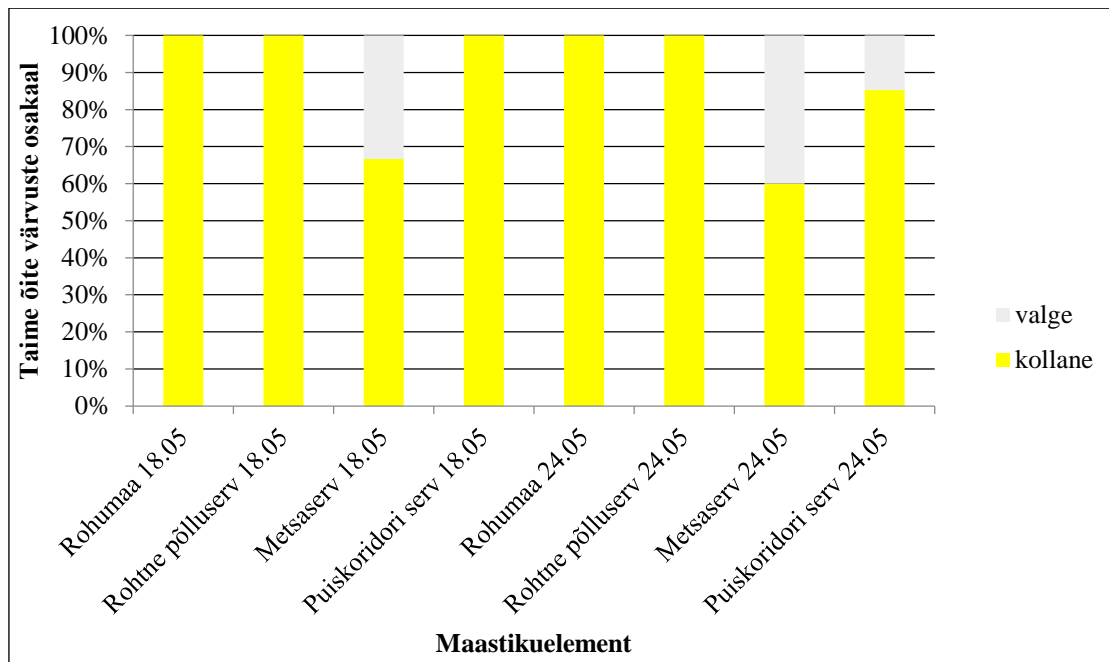
Kõikidel katsepäevadel leiti naeri-hiilamardikaid toitumas kollast värvi õitel. Kollast värvi toidutaimed olid kevadistel katsepäevadel kõige domineerivamad ja moodustasid valimist

86,6–96,3% (joonis 17). Mai kuus toitused talvitunud naeri-hiilamardikad ka valget värvi õitel, kuid valge värv moodustas valimist vaid 3,7–13,4%. Vaatamata sellele, et mais siiski esines vähesel määral ka sinist, roosat ja lillat värvi õisi ei toitunud naeri-hiilamardikad nendel taimedel. Augustis seevastu leiti talvituma suunduvaid naeri-hiilamardikaid toitumas kõigil loetletud värvusega õitel. Kõige enam leiti mardikaid valge värvusega õitelt, moodustades valimist 49,6% (joonis 17) ja sellele järgnes lilla (34,7%). Need kaks värvust domineerisidki augustis moodustades kokku 84,3% kogu valimist. Kollast värvi toidutaimi eelistasid naeri-hiilamardikad 14,8%. Roosat ja sinist värvi õitel toitused naeri-hiilamardikad märgatavalt vähem (vastavalt: 0,5 ja 0,4% valmimist).



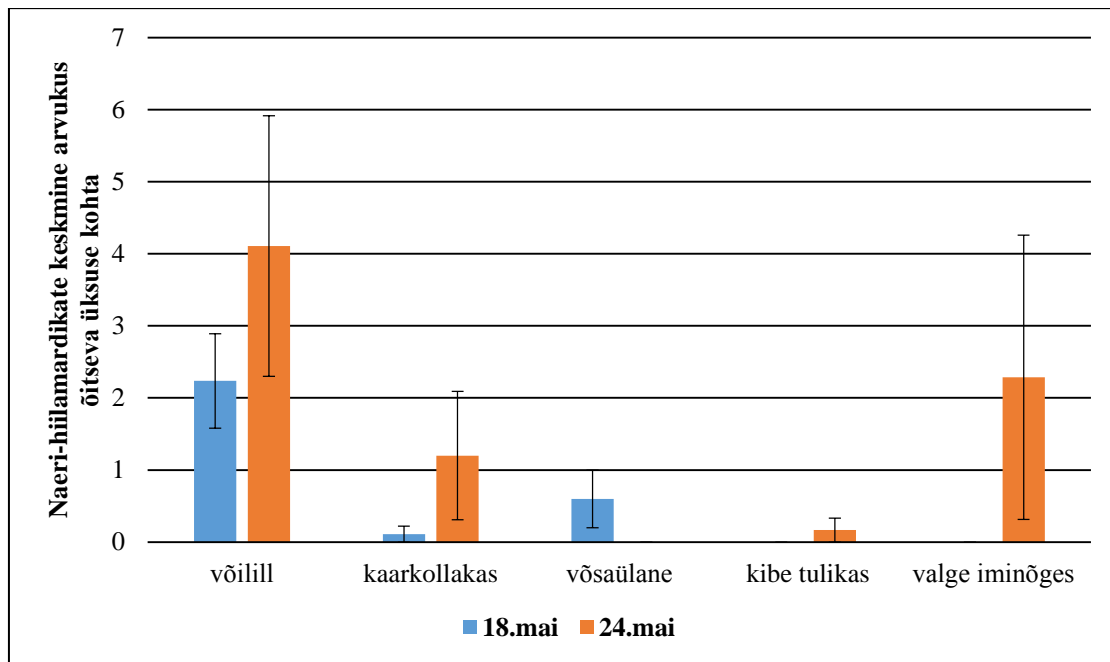
**Joonis 17.** Erinevat värvi hiilamardika toidutaimede osakaalud katse toimumise kuupäevadel, Tartumaal 2017.

Kuna kevadistel katsepäevadel leiti naeri-hiilamardikaid toitumas ainult kollast ja valget värvi õitel, siis sellest tulenevalt moodustas kollane värvus 100% õitsevate toidutaimede hulgast viiel korral (joonis 18). Metsaservas esines mõlemal päeval valget värvi õisi, millel toitused naeri-hiilamardikad ja jäädes valimi vahemikku 33,3–40%, puiskoridoris toitused naeri-hiilamardikad valgetel õitel ühel päeval, mis moodustas 14,7 % valimist.



**Joonis 18.** Õitsevate toidutaimede värvuste osakaal erinevatel maastikuelementidel millel toitusid hiilamardikad, Tartumaal 2017.

Kevadisel katsepäeval määrati transektidel 25 õitsevat taimeliiki, 11 erinevast perekonnast. Talvitunud naeri-hiilamardikaid leiti toitumast 5 erinevalt taimeliigilt (lisa 1), mis kõik olid kas kollaste või valgete õitega (joonis 18). Kollaste õitega taimedel toitusid naeri-hiilamardikad kõige enam harilikul võilillel (*Taraxacum officinale* (F.H.Wigg. s.l.)), kokku leiti 116 isendit (joonis 19). Teistelt kollast värvi taimeliikidelt leiti naeri-hiilamardikaid vähem ja näiteks kaarkollakalt (*Barbarea vulgaris* (R.Br. subsp. arcuata (Opiz ex J.Presl et C.Presl) M.Loehr)) leiti ainult 13 isendit ja kibedalt tulikalt (*Ranunculus acris* (L.)) vaid üks isend. Valget värvi toidutaimed olid võsaülane (*Anemone nemorosa* (L.)), kust leiti 3 isendit toitumas ja valge iminõges (*Lamium album* (L.)), millelt leiti 16 isendit.

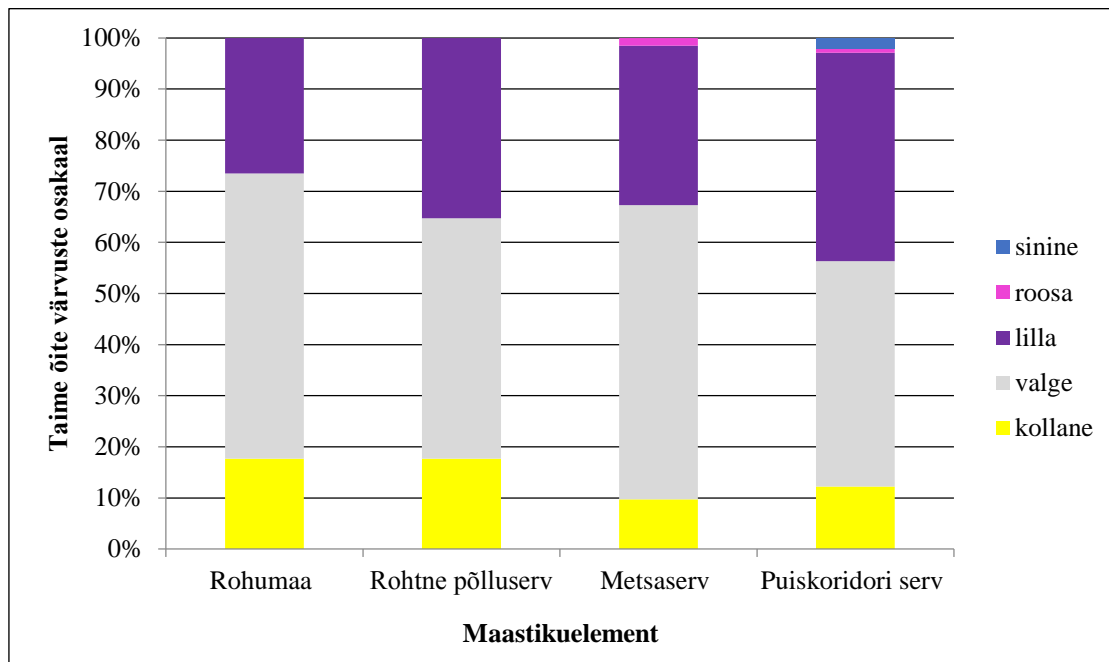


**Joonis 19.** Talvitunud naeri-hiilamardikate keskmine ( $\pm$ SE) arvukus õitseva üksuse kohta erinevatel toidutaimedel mai kuu katsepäevadel, Tartumaal 2017.

Kuigi kevadisel katsepäeval määrati 2017. aastal 25 õitsevat taimeliiki, 11 erinevast perekonnast, leiti naeri-hiilamardikaid toitumast ainult viielt taimeliigilt: harilikul võilillel, võsaülasel, valgel iminõgesel, kaarkollakal ja kibe tulikal. Seega ei saanud valimis muid õie värve, kui kollane ja valge esineda. Katsest selgus see, et kuigi mai kuu katsepäevadel esines transektidel lisaks kollasele ja valgele värvusele ka sinist, roosat ja lillat värvi õisi, siis saab antud tulemustest väita, et naeri-hiilamardikatel on toidutaimede värvuse osas eelistused ja sobivaid toidutaimi ei valita juhuslikult.

Võrreldes 2017. aastaga leiti 2016. aasta kevadel transektidelt vähem taimeliike: 13 erinevat taimeliiki, kaheksast erinevast perekonnast ja mardikaid leiti toitumas neljal erineval taimeliigil. 2016. ja 2017. aasta tulemusi võrreldes selgub, et mõlemal aastal toitustid naeri-hiilamardikad võilillel, kaarkollakal ja võsaülasel. Kuigi mõlemal aastal esines mai kuus maastikuelementidel viie erineva värviga õitsevaid taimi, siis siiski kevadel toituti ainult kollast ja valget värvi õitel. Sellest saab järeldada, et peale talvituspaikadest väljumist toituvad naeri-hiilamardikad süstematiseeritult ja toidutaimi ei valita juhuslikult. Kevadel eelistavad naeri-hiilamardikad selgelt toituda kollast ja valget värvi õitel.

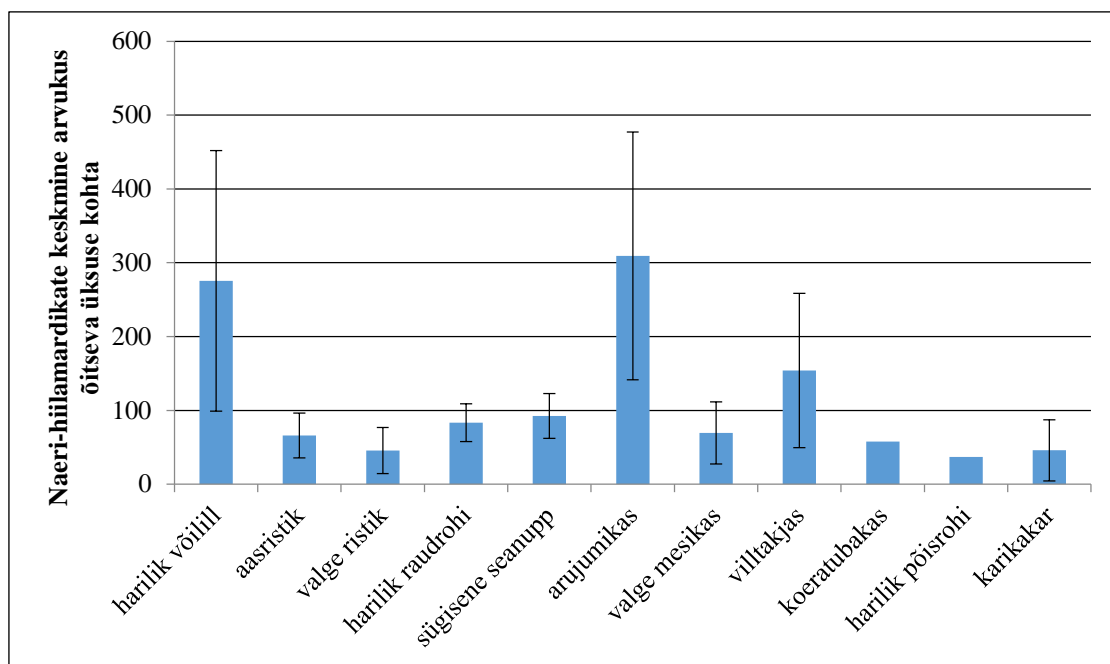
Augustis leiti talvituma suunduvaid naeri-hiilamardikad toitumast kõige enam valget värvi õitel. Valge värv moodustas valimist 44,1–57,6% (joonis 20). Teine eelistatum toidutaimede värv oli lilla, moodustades 26,5–40,8% kogu valimist. Kollast värvi õitelt leiti talvituma suunduvaid naeri-hiilamardikaid tagasihoidlikult ja need moodustasid kogu valimist vaid 9,7–17,7%. Sinist ja roosat värvi toidutaimede osakaal oli väga väike ja jäi 0,8–2,1% vahele.



**Joonis 20.** Naeri-hiilamardikate toidutaimede õite värvuste osakaalud erinevatel maastikuelementidel 28. augustis 2017, Tartumaal.

Augustis määrati transektidel kokku 60 õitsevat taimeliiki, 21 erinevast perekonnast. Naeri-hiilamardikaid leiti toitumast 45 erinevalt taimeliigilt (lisa 2). Valget värvi õitsevaid taimi, millel toitusid naeri-hiilamardikad oli 13 erinevat liiki ja kõige rohkem esines mardikaid harilikul raudrohul (*Achillea millefolium* (L.)), millelt leiti kokku 999 isendit (joonis 21), valgel mesikal (*Melilotus albus* (Medik.) 278 isendit, karikakral (*Anthemis* (L.)) 276 isendit ja valgel ristikul (*Trifolium repens* (L.)) 229 isendit. Teistel valge värvusega õitel jäi naeri-hiilamardikate isendite arvukus alla 40-ne. Lillat värvi toidutaimi oli 10 erinevat liiki ja kõige rohkem leiti naeri-hiilamardikaid toitumas arujumikal (*Centaurea jacea* (L.)) 1547 isendit, järgnes aasristik (*Trifolium pratense* (L.)) ja villtakjas (*Arctium tomentosum* (Mill.)) 462 isendiga. Kollast värvi toidutaimi oli 15 erinevat liiki. Kõige rohkem leiti naeri-hiilamardikaid toitumas harilikul võilillel (*Taraxacum officinale*

(F.H.Wigg. s.l.) 1102 isendit, sügiseselt seanupul (*Leontodon autumnalis* (L.)) 462 isendit. Teistel kollast värvi õitel jäi naeri-hiilamardikate isendite arvukus alla 60-ne. Roosat värvi õitelt leiti naeri-hiilamardikaid neljal erineval taimeliigil ja kõige rohkem ahtalehisel põdrakanepil (*Epilobium angustifolium* (L.)), kokku 17 isendit. Sinist värvi õitelt leiti naeri-hiilamardikaid kolmelt erinevalt taimeliigilt ja kõige rohkem leiti mardikaid toitumas lõosilmal (*Myosotis* (L.)) 52 isendit, kerakellukal (*Campanula glomerata* (L.)) 11 isendit ja harilikult hiirehernel (*Vicia cracca* (L.)) 8 isendit.



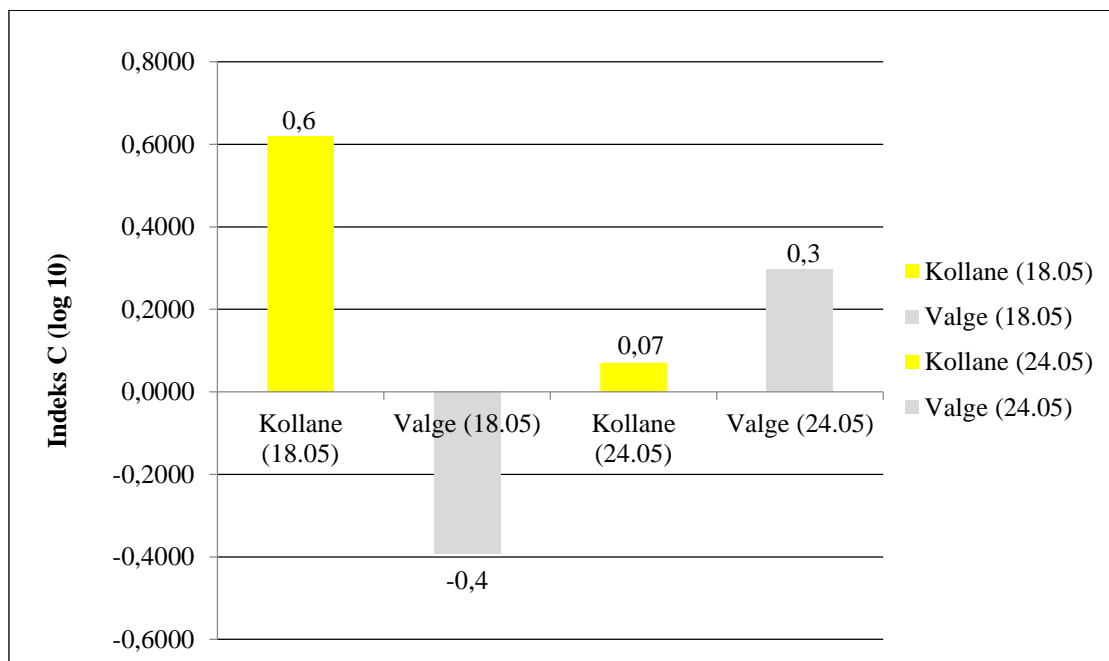
**Joonis 21.** Talvituma suunduvate naeri-hiilamardikate keskmine ( $\pm$ SE) arvukus õitseva üksuse kohta meelistoidutaimedel 28. augustil, Tartumaal 2017.

Augusti kuus toitused naeri-hiilamardikad erinevat värvi taimedel (kõigil viiel värvil), et koguda piisavalt jõuvarusid edukaks talvitumiseks. Kuna augusti kuusel katsepäeval ei olnud naeri-hiilamardikatele meelistaimeks kollast värvi taimed, siis saab järeldada, et augusti kuus toitutakse enne talvituma minemist võimalikult paljudel erinevatel taimeliikidel, et toituda mitmekesiselt ja varuda piisavalt jõuvarusid talvitumiseks.

Kahe aasta võrdluses selgub, et kui 2017.a. augusti kuus toitused naeri-hiilamardikad 45 erineval taimeliigil siis 2016. aastal toituti ainult 16 erineval taimeliigil. Samuti määrati transektidel 2017. aastal rohkem erinevaid õitsevaid taimeliike (60 liiki) kui 2016. aastal, kui leiti transektidelt 43 erinevat taimeliiki. Selle põhjal saab väita, et 2017. aastal

kasutasid naeri-hiilamardikad rohkem ära erinevaid õitsevaid taimi, et neilt jõuvarusid koguda enne talvituma suundumist. Samuti selgus, et mõlemal aastal oli talvituma suunduvate naeri-hiilamardikate meelistaimede valik suhteliselt sarnane: 2016. aastal leiti naeri-hiilamardikaid kõige rohkem toitumast sügisesel seanupul, harilikul raudrohul, piimohakal ja põldjumikal. Seevastu 2017. aastal leiti naeri-hiilamardikaid kõige rohkem arujumikal, harilikul võilillel, harilikul raudrohul, sügisesel seanupul ja villtakjal. Kahe aasta tulemuste põhjal saab väita, et naeri-hiilamardikatel on kindlad meelistaimed ja kui neid esineb maastikuelemendil, siis valitakse pigem neid taimi.

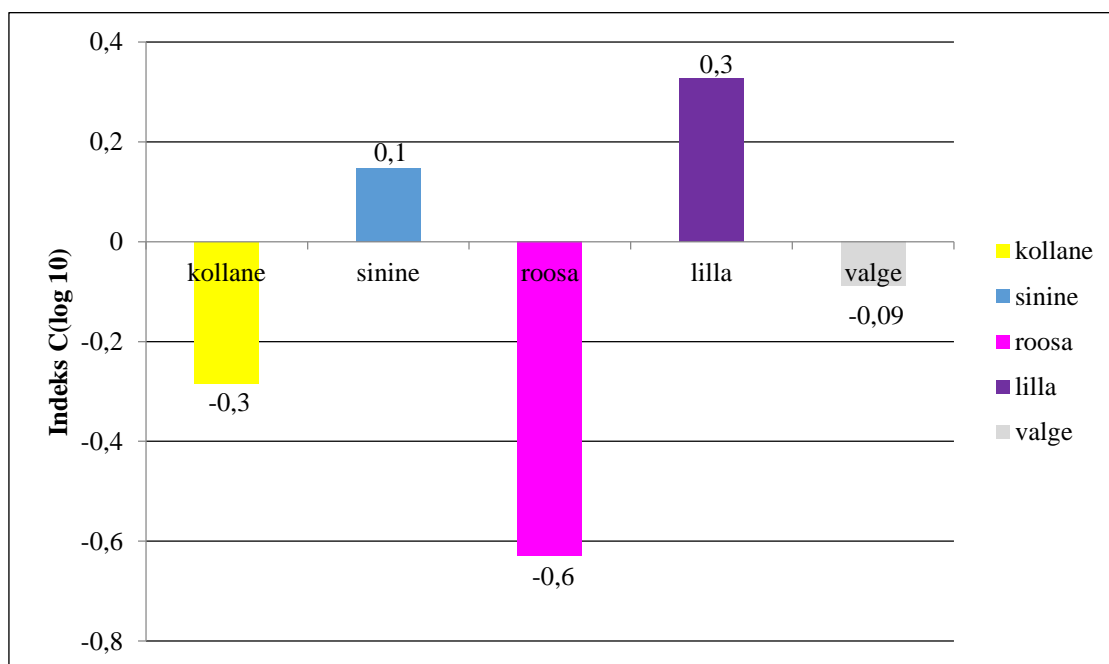
Toidutaimede värvuseid analüüsiti ka Murdoch'i valikuindeksiga (C), mille tulemused näitavad, kas naeri-hiilamardikad eelistasid ühte värvi õisi teistele. Murdoch'i valikuindeksiga (C) saadakse tulemused skaalal nullist lõpmatuseni. Positiivne  $\log_{10}$  näitab eelistust ja negatiivne vältimist. Seega, kui naeri-hiilamardikad eelistasid toitumiseks mingit värvi õisi, siis tulemus on positiivne ja kui  $\log_{10}$  tulemus on negatiivne, siis naeri-hiilamardikad ei eelistanud ja pigem vältisid seda värvi õisi. Murdoch'i valikuindeksiga saadud kevadiste katsepäevade tulemused näitasid, et 18. mail eelistasid naeri-hiilamardikad toituda kollast värvi õitel ja valget värvi nad pigem vältisid (joonis 22). Samas 24. mail eelistasid naeri-hiilamardikad valget värvi kollasele.



**Joonis 22.** Naeri-hiilamardikate toidutaimede õite värvide väärtused kevadisel vaatlusperioodil Murdoch'i valikuindeks C järgi.



Augusti kuisel katsepäeval saadud Murdoch'i valikuindeksi tulemused näitavad, et talvituma suunduvad naeri-hiilamardikad eelistasid toitumiseks sinist ja lillat värvi õitega taimi (joonis 23). Huvitav on see, et vastupidiselt kevadele, augustis ei eelistanud naeri-hiilamardikad toituda valget ja kollast värvi õitel, vaid pigem vältisid neid taimi. Samuti vältisid talvituma suunduvad naeri-hiilamardikad roosat värvi õitega taimi.



**Joonis 23.** Naeri-hiilamardikate toidutaimede õite värvide väärtused sügisel vaatlusperioodil Murdoch'i valikindeks C järgi.

Murdoch'i valikindeksi kahe aasta mai kuu tulemuste võrdlus näitas, et talvitunud naeri-hiilamardikad eelistavad siiski toituda kollast ja valget värvi õitel. 2016. aastal eelistasid naeri-hiilamardikad mõlemal katsepäeval kollast värvust ja vältisid valget ühel päeval. Sarnased tulemused saadi ka 2017. aastal, mõlemal päeval eelistati kollast värvi, valget eelistati ühel päeval ja välditi ka ühel päeval. Selliste tulemuste põhjal saab kindlalt väita, et naeri-hiilamardikad eelistavad toituda kollast värvi õitel, samuti eelistatakse kevadel toituda valget värvi õitel.

Augusti kuiste Murdoch'i valikindeksi järgi saadud tulemused oli erinevatel katse aastatel erinevad. 2016. aastal eelistasid talvituma suunduvad naeri-hiilamardikad toituda kollast, valget ja lillat värvi õitel ning pigem välditi sinist ja roosat värvi õisi. Samas 2017. aastal eelistasid talvituma suunduvad naeri-hiilamardikad toituda just sinist ja lillat värvi õitel

ning pigem välditi kollast, roosat ja valget värvi õisi, kui neid proportsionaalselt põldudel esines. Ühtse joonena saab välja tuua, et mõlemal aastal eelistati toituda lillat värvi õitel ja pigem välditakse roosat värvi õisi. Kuna 2017. aastal oli toidutaimede valik laiem, siis sellest tulenevalt kasutati ära rohkem õitsevaid õisi, et koguda jõuvarusid talvitumiseks ja sellest võib tuleneda ka erinevus 2016. aastaga.

Varasemalt on teadlased naeri-hiilamardikate toidutaimede värvieelistuste välja selgitamise katseid tehes keskendunud hiilamardika sellele populatsioonile, kes on juba küpsussöömise läbinud ja siirdunud kultuurtaimedele ja need uuringud on näidanud, et naeri-hiilamardikad eelistavad toitumiseks kollast värvi toidu- ja paljunemistaimi (Blight and Smart, 1999; Cook et al., 2013; Döring et al., 2012; Jönsson et al., 2007). Samuti on uuringutest selgunud, et pigem eelistavad mardikad paljuneda kollast ja valget värvi õitel kui sinist, lillat ja roosat värvi õitel (Cook et al., 2013). Antud magistritöö raames keskenduti äsja talvitumiskohtadest väljunud ja talvitumiskohtadesse siirduvate mitte-suguküpsete isendite eelistustele ja antud katsed kinnitavad, et kevadel eelistasid naeri-hiilamardikad toituda kollast ja valget värvi õitel, mis ka põhimõtteliselt domineerisid sel ajal põllumajandusmaastikul. Kevadel välditakse lillat, sinist ja roosat värvi õisi, kuna nendelt ei leitud toitumas ühtegi naeri-hiilamardikat. Samas erinevalt äsja talvitumiskohtadest väljunud ja ka suguküpsetest isenditest eelistavad talvituma suunduvad hiilamardikad toituda just sinist ja lillat värvi õitega taimedel ja pigem välditakse kollast, roosast ja valget värvi.

## KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli kevadiste ja sügiseste välitööde käigus selgitada välja naeri-hiilamardikate talvitunud ja talvituma suunduvate põlvkondade arvukused erinevatel enam levinud põllumajandusmaastiku elementidel. Uurimiseesmärgiks oli ka selgitada, kui palju naeri-hiilamardika populatsioon suve jooksul suureneb. Kolmandaks uurimiseesmärgiks oli selgitada välja toidutaimede ja nende värvuste eelistused talvituma suunduvatel ja talvitunud mardikatel. Viimaseks uurimiseesmärgiks oli selgitada, kas 2017. aasta naeri-hiilamardikate arvukused ja toidutaimede eelistused erinevad 2016. aastal saadud tulemusest. Selleks võrreldi käesoleva töö tulemusi Gerda Arrase lõputöö („Naeri-hiilamardika (*Brassicogethes aeneus*) talvitunud ja uue põlvkonna arvukuse erinevused ja nende toidutaimede eelistused“) tulemustega.

Antud magistritöös selgus, et kuigi kevadel oli talvitumiskohtadest väljuv naeri-hiilamardikate arvukus madal, suutsid nad oma populatsiooni suve jooksul 44 korda suurendada. Selgus, et 2016. aastal suundus talvituma 973 naeri-hiilamardikat, aga 2017. aastal väljus talvitumiskohtadest toidutaimedele 149 naeri-hiilamardikat. Seega olid talvised ebaühtlased ilmastikutingimused ja teised talvitumist mõjutavad biotilised faktorid põlvkonna arvukust 6,5 korda vähendanud. Tõenäoliselt olid peamisteks talvitumise edukust vähendavateks teguriteks talvised kõikuvad temperatuurid ja püsiva lumikatte puudumine. Samuti võivad talvituvate putukate arvukuse vähendamisel olulist rolli mängida röövtoidulised lüljalgsed ja entomopagogeenid. Lisaks sellele sõltub talvitumise edukus ka talvitumiseelsest toitumisest, seega erinevate õitsevate taimede arvukusest põllumajandusmaastikul.

Töös leiti, et maastikuelement mõjutas oluliselt talvitunud ja talvituma suunduvate naeri-hiilamardikate arvukust toidutaimedel. Talvitunud naeri-hiilamardikaid leiti kõige rohkem 2017. aastal puiskoridorist ja metsaservast, seevastu 2016. aastal olid tulemused erinevad ja talvitunud hiilamardikaid leiti kõige rohkem heinamaalt ja rohtselt põlluservalt. Kõige rohkem suundus talvituma naeri-hiilamardikaid rohumaalt ja rohtselt põlluservalt, sarnane tulemus saadi ka 2016. aastal.

Selgus, et talvitunud naeri-hiilamardikate arvukus õitseva üksuse kohta oli väga madal (0,8 isendit). Seevastu augustis oli aga naeri-hiilamardikate arvukus taime kohta kõrge ja ulatus keskmiselt 13,37 isendini taime kohta. Seega suutsid naeri-hiilamardikad oluliselt oma arvukust suve jooksul suurendada.

Magistritööst selgus, et naeri-hiilamardikatel on toidutaimede värvuse suhtes eelistused. Talvitunud naeri-hiilamardikad toitunud kollast ja valget värvi õitel, kuigi maastikuelementidel esines viit erinevat värvi õisi (kollane, valge, sinine, roosa, lilla). Kõige rohkem toitunud talvitunud mardikad harilikul võilillel ja valgel iminõgesel. Talvituma suunduvaid naeri-hiilamardikaid leiti kõige rohkem toitumas valget ja lillat värvi õitel ja nad toitunud paljudel erinevatel õitsevatel taimedel, kuid meelistaimedeks olid arujumikas ja harilik võilill. Kahe aasta võrdlusest selgus, et mõlema aasta kevadel olid naeri-hiilamardikatel sarnased värvieelistused ja pigem toituti kollast ja valget värvi õitel ja pigem välditi sinist, roosat ja lillat värvi õisi. Talvituma suunduvate naeri-hiilamardikate värvieelistuste kohta kahe aasta võrdluses saab välja tuua, et mõlemal aastal ühtse joonena eelistati lillat värvi õisi ja välditi pigem roosat värvi õisi.

Järgnevatel aastatel oleks soovituslik katseid korrata, et saaks suurema andmebaasi põhjal teha kindlamaid järeldusi naeri-hiilamardikate põlvkondade suuruste erinevuste kohta ja toidutaimede eelistuste kohta. Kuna 2016. ja 2017. aasta katsed viidi läbi samadel katsealadel, siis oleks huvitav katseid teostada teises asukohas, et näha kas saadud tulemused kattuks või erineks 2016. ja 2017. aastal Tartumaal saadud tulemustega.

# **ABUNDANCE AND FOOD PLANT PREFERENCES OF DIFFERENT POLLEN BEETLE GENERATIONS**

## **SUMMARY**

The pollen beetle (*Brassicogethes aeneus* syn. *Meligethes aeneus* F.; Coleoptera: Nitidulidae) is one of the most numerous pests in European and Estonian oilseed rape fields. In Europe, the pollen beetle problem has intensified recently, as beetles have become resistant to certain pesticides (pyrethroids) due to their long-term use and overuse. The first aim of this master's thesis was to study the abundance of overwintered and new generation pollen beetles in various common agricultural landscape elements in the spring and late summer. The second aim was to study how much does the population of pollen beetles increase during the summer. The third aim was to study whether overwintered or new generation pollen beetles have food plant preferences regarding species or flower colour. The last aim was to find out whether there are any differences between the results obtained in 2017 and 2016. The results of 2017 were compared to the master's thesis of Gerda Arras titled: "Abundance and food plants of the overwintered and new generation of pollen beetles (*Brassicogethes aeneus*)". Data were collected on May 18, May 24 and August 28, 2017 from four different landscape element types: meadows, narrow crop edges, next to lines of trees/shrubs and forest edges. Data were processed and analysed using Microsoft Excel 2013 and Statistica 13.2.

During the study, although the abundance of overwintered pollen beetles was low, they were able to increase their abundance by 44 times during the summer. Based on the results there were 973 new generation pollen beetles found in 2016 and 149 overwintered pollen beetles in 2017; the 6.5 times lower numbers in 2017 might have been due to unfavourable winter conditions. Most probably the main factors that affected the success of hibernation were the very fluctuating temperatures during the winter and the lack of a permanent snow cover. Other possible winter survival reducing factors might have been predators, entomopathogens, and pre-winter nutrition, therefore the abundance of flowering plants in the agricultural landscape.

According to the results of this work, landscape element influenced the abundance of overwintered and new generation pollen beetles. Overwintered pollen beetles were mostly found next to lines of trees/shrubs and in forest edges. In 2016 the result were different, overwintered pollen beetles were mostly found in meadows and narrow crop edges. Most new generation pollen beetles were found in grasslands and narrow crop edges, before winter hibernation; the same result was obtained in 2016.

The number of overwintered pollen beetles per plant was very low (0.8 specimens). However, in August, the number of new generation pollen beetles was higher, reaching 13.37 specimens per plant on average. Hence, they were able to significantly increase the number of their population during the summer.

According to the results of this master's thesis pollen beetles had preferences regarding the flower colour of their food plants. The overwintered pollen beetle generation fed on yellow and white coloured flowers, although there were five different flower colour types present in the landscape elements (yellow, white, blue, pink, purple). Most overwintered pollen beetles fed on *Taraxacum officinale* L. (common dandelion) and *Lamium album* L. (white nettle). New generation pollen beetles were mostly found on white and purple coloured flowers of many different species, mainly *Centaurea jacea* L. (brown knapweed) and *Taraxacum officinale* L. (common dandelion). Comparing the results of 2016 and 2017, in both years pollen beetles had similar colour preferences in the spring, they were more likely to be feeding on yellow and white flowers, while avoiding blue, pink, purple coloured flowers. In both years, new generation pollen beetles in the late summer preferred purple coloured flowers and avoided pink coloured flowers.

In the following years, it would be recommended to repeat the study in order to have a larger database to be able to make more firm conclusions about the differences in the abundance and food plant preferences of pollen beetle generations. Since experiments in 2016 and 2017 were conducted in the same experimental areas in Tartu County, it would be interesting to carry out experiments at other locations in order to see whether results differ based on location.

## KASUTATUD KIRJANDUS

- Alford, D.V., Nilsson, C., Ulber, B.** (2003). Insect Pests of Oilseed Rape Crops. In: Alford, D.V. (Ed.). - *Biocontrol of Oilseed Rape Pests*. Blackwell Science Ltd, pp. 9–42.
- Arras, G.** (2017). Naeri-hiilamardika (*Brassicogethes aeneus*) talvitunud ja uue põlvkonna arvukuse erinevused ja nende toidutaimede eelistused. Magistritöö. Põllumajandus- ja keskkonnainstituut. 54 lk.
- Audisio, P., Cline, A.R., De Biase, A., Antonini, G., Mancini, E., Trizzino, M., Costantini, L., Strika, S., Lamanna, F., Cerretti, P.** (2009). Preliminary re-examination of genus-level taxonomy of the pollen beetle subfamily Meligethinae (Coleoptera: Nitidulidae). - *Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae*. Vol. 49, pp. 341–504.
- Billqvist, A., Ekbom, B.** (2001). Effects of host plant species on the interaction between the parasitic wasp *Diospilus capito* and pollen beetles (*Meligethes* spp.). - *Agricultural and Forest Entomology*. Vol. 3, pp. 147–152.
- Blight, M.M., Smart, L.E.** (1999). Influence of Visual Cues and Isothiocyanate Lures on Capture of the Pollen Beetle, *Meligethes aeneus* in Field Traps. - *Journal of Chemical Ecology*. Vol. 25, No. 7, pp. 1501–1516.
- Bommarco, R., Marini, L., Vaissière, B.E.** (2012). Insect pollination enhances seed yield, quality, and market value in oilseed rape. - *Oecologia*. Vol. 169, pp. 1025–1032.
- Büchi, R.** (2002). Mortality of pollen beetle (*Meligethes* spp.) larvae due to predators and parasitoids in rape fields and the effect of conservation strips. - *Agriculture, Ecosystems & Environment*. Vol. 90, No. 3, pp. 255–263.
- Cook, S.M., Rasmussen, H.B., Birkett, M.A., Murray, D.A., Pye, B.J., Watts, N.P., Williams, I.H.** (2007). Behavioural and chemical ecology underlying the success of turnip rape (*Brassica rapa*) trap crops in protecting oilseed rape (*Brassica napus*) from the pollen beetle (*Meligethes aeneus*). - *Arthropod-Plant Interactions*. Vol. 1, pp. 57–67.
- Cook, S.M., Skellern, M.P., Döring, T.F., Pickett, J.A.** (2013). Red oilseed rape? The potential for manipulation of petal colour in control strategies for the pollen beetle (*Meligethes aeneus*). - *Arthropod-Plant Interactions*. Vol. 7, pp. 249–258.
- Döring, T.F., Skellern, M., Watts, N., Cook, S.M.** (2012). Colour choice behaviour in the pollen beetle *Meligethes aeneus* (Coleoptera: Nitidulidae). - *Physiological Entomology*. Vol. 37, pp. 360–378.

- Eesti Taimekasvatuse Instituut. (2016). Taimekaitse. Integreeritud taimekaitse suunised. <http://www.etki.ee/index.php/valdkonnad/taimekaitse#integreeritud-taimekaitse-suunised> (21.02.2018).
- Eisikowitch D.** (1981). Some aspects of pollination of oilseed rape (*Brassica napus* L.). - *Journal of Agricultural Science*. Vol. 96, pp. 21–326.
- Ekbom, B.** (1998). Clutch size and larval performance of pollen beetles on different host plants. - *Oikos*. Vol. 83, pp. 56–64.
- Ekbom, B.** (2010). Pests and Their Enemies in Spring Oilseed Rape in Europe and Challenges to Integrated Pest Management. In: Williams, I.H. (Ed.). - *Biocontrol-Based Integrated Management of Oilseed Rape Pests*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 151–165.
- Ekbom, B., Borg, A.** (1996). Pollen beetle (*Meligethes aeneus*) oviposition and feeding preference on different host plant species. - *Entomologia Experimentalis et Applicata*. Vol. 78, No. 3, pp. 291–299.
- Eurostat. (2017). Agricultural productions- crops. Oilseed. [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Agricultural\\_production\\_-\\_crops](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Agricultural_production_-_crops) (15.01.2018).
- Ferguson, A.W., Williams, I.H., Castle, L.M., Skellern, M.** (2010). Key Parasitoids of the Pests of Oilseed Rape in Europe: A Guide to Their Identification. In: Williams, I.H. (Ed.). - *Biocontrol-Based Integrated Management of Oilseed Rape Pests*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 77–114.
- Free, J.B., Williams, I.H.** (1978). The Responses of the Pollen Beetle, *Meligethes aeneus*, and the Seed Weevil, *Ceuthorrhynchus assimilis*, to Oil-Seed Rape, *Brassica napus*, and Other Plants. - *Journal of Applied Ecology*. Vol. 15, No. 3, pp. 761–774.
- Free, J.B., Williams, I.H.** (1979). The distribution of insect pests on crops of oilseed rape (*Brassica napus* L.) and the damage they cause. - *Journal of Agricultural Science UK*. Vol. 92, No. 1, pp. 139–149.
- Gotlin Čuljak, T., Pernar, R., Juran, I., Ančić, M., Bažok, R.** (2016). Impact of oilseed rape crop management systems on the spatial distribution of *Brassicogethes aeneus* (Fabricius 1775): Implications for integrated pest management. - *Crop Protection*. Vol. 89, pp. 129–138.
- Hansen, L.M.** (2003). Insecticide-resistant pollen beetles (*Meligethes aeneus* F) found in Danish oilseed rape (*Brassica napus* L) fields. - *Pest Management. Science*. Vol. 59, No. 9, pp. 1057–1059.
- Hansen, L.M.** (2004). Economic damage threshold model for pollen beetles (*Meligethes aeneus* F.) in spring oilseed rape (*Brassica napus* L.) crops. - *Crop Protection*. Vol. 23, No. 1, pp. 43–46.
- Hasler, A., Maurizio, A.** (1950). Ueber den Einfluss verschiedener Nährstoffe auf Blütenansatz, Nektarsekretion und Samenertrag von honigenden Pflanzen, speziell von Sommerraps (*Brassica napus* L.). - *Schwei Landw Mh*. Vol. 6, pp. 201–211.



- Heckel, D.G.** (2012). Insecticide Resistance After Silent Spring. - *Science Magazine* Vol. 337, pp. 1612–1614.
- Hervé, M.R., Garcia, N., Tralalon, M., Le Ralec, A., Delourme, R., Cortesero, A.M.** (2015). Oviposition Behavior of the Pollen Beetle (*Meligethes aeneus*): A Functional Study. - *Journal of Insect Behavior*. Vol. 28, No. 2, pp. 107–119.
- Hiisaar, K., Kuusik, A., Lauk, A., Metspalu, L.** (2002). Ristõieliste kultuuride kahjurid. Bookmill trükikoda, Tartu, Estonia.
- Hiisaar, K., Williams, I., Mänd, M., Luik, A., Jõgar, K., Metspalu, L., Kruus, E., Ploomi, A., Kivimägi, I.** (2010). Supercooling ability and cold hardiness of the pollen beetle *Meligethes aeneus*. - *Entomologia Experimentalis et Applicata*. Vol. 138, pp. 117–127.
- Hokkanen, H.M.T.** (2000). The making of a pest: recruitment of *Meligethes aeneus* onto oilseed *Brassicas*. - *Entomologia Experimentalis et Applicata*. Vol. 95, pp. 141–149.
- Hokkanen, H.M.T., Menzler-Hokkanen, I., Keva, M.** (2017). Long-term yield trends of insect-pollinated crops vary regionally and are linked to neonicotinoid use, landscape complexity, and availability of pollinators. - *Arthropod-Plant Interact.* Vol. 11, No.3, pp. 449-461.
- Jönsson, M., Rosdahl, K., Anderson, P.,** 2007. Responses to olfactory and visual cues by overwintered and summer generations of the pollen beetle, *Meligethes aeneus*. - *Physiological Entomology*. Vol. 32, No.2, pp. 188–193.
- Kaarli, K.** (2003). Õlikultuuride kasvataja käsiraamat. Eesti Vabariigi Põllumajandusministeerium Eesti Maaviljeluse Instituut, Saku.
- Kaarli, K., Johandi, E.** (2004). Õlikultuuride kasvataja käsiraamat. Põllumajandusministeerium.
- Lakocy, A.** (1977). The influence of some biological and ecological factors on the development of resistance to insecticides and on the course of chemical control of *Meligethes aeneus* F. in the Voivodships of Poznan and Wroclaw. - *Prace Naukowe Instytutu Ochrony Roslin*. Vol. 19, No. 1, pp. 123–181.
- Mänd, M.** (2008). Ristõieliste õlikultuuride kahjustajaid pärssivate ja kasureid soodustavate ökoloogilis-ökonoomsete kasvatustehnoloogiate kompleksne arendamine. Eesti Põllumajandusministeeriumi projekt. Tartu. lk. 70.
- Mauchline, A.L., Cook, S.M., Powell, W., Chapman, J.W., Osborne, J.L.** (2017). Migratory flight behaviour of the pollen beetle *Meligethes aeneus*: Migratory flight behaviour of the pollen beetle *Meligethes aeneus*. - *Pest Management Science*. Vol. 73, No. 6, pp. 1076–1082.
- Metspalu, L., Williams, I.H., Jõgar, K., Ploomi, A., Hiisaar, K., Lääniste, P., Svilponis, E., Mänd, M., Luik, A.** (2011). Distribution of *Meligethes aeneus* (F.) and *M. viridescens* (F.) on cruciferous plants. - *Zemdirbyste-Agriculture*. Vol. 98, No. 1, pp. 27-34.
- Miura, K., Ohsaki, N.** (2004). Relationship between physical leaf characteristics and growth and survival of polyphagous grasshopper nymphs, *Parapodisma subastris* (Orthoptera: Catantopidae) - Dimensions. - *Population Ecology*. Vol. 46, No. 2, pp. 179–184.

- PM063: Tere- ja kaunvilja ning rapsiseemne kokkuost (andmed uuendatud: 15.02.2017) - *Eesti statistika andmebaas*. <http://pub.stat.ee/> (14.03.2018).
- PM03: Põllukultuuride kasvupind (andmed uuendatud: 25.01.2018) - *Eesti statistika andmebaas*. (2018a). <http://pub.stat.ee/> (17.03.2018).
- PM04: Põllukultuuride saak (andmed uuendatud: 25.01.2018) - *Eesti statistika andmebaas*. (2018b). <http://pub.stat.ee/> (17.03.2018).
- Pywell, R.F., James, K.L., Herbert, I., Meek, W.R., Carvell, C., Bell, D., Sparks, T.H.** (2005). Determinants of overwintering habitat quality for beetles and spiders on arable farmland. - *Biological Conservation*. Vol. 123, No. 1, pp. 79–90.
- Rathke, G.-W., Behrens, T., Diepenbrock, W.** (2006). Integrated nitrogen management strategies to improve seed yield, oil content and nitrogen efficiency of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): A review. - *Agriculture, Ecosystems & Environment*. Vol. 117, No. 2-3, pp. 80–108.
- Reddy, G.V.P.** (2017). Integrated Management of Insect Pests on Canola and Other Brassica Oilseed Crops. - *CABI*. pp. 88-95.
- Riiklik Ilmateenistus. (2018a). Ilm. Ilmavaatlused. Vaatlusandmed. <https://www.ilmateenistus.ee/ilm/ilmavaatlused/vaatlusandmed/> (5.05.2018)
- Riiklik Ilmateenistus. (2018b). Kliima. Kuukokkuvõtted. <https://www.ilmateenistus.ee/kliima/kuukokkuvotted/> (5.05.2018)
- Rusch, A., Valantin-Morison, M., Roger-Estrade, J., Sarthou, J.-P.** (2012). Local and landscape determinants of pollen beetle abundance in overwintering habitats. - *Agricultural and Forest Entomology*. Vol. 14, No. 1, pp. 37–47.
- Slater, R., Ellis, S., Genay, J.-P., Heimbach, U., Huart, G., Sarazin, M., Longhurst, C., Müller, A., Nauen, R., Rison, J.L., Robin, F.** (2011). Pyrethroid resistance monitoring in European populations of pollen beetle (*Meligethes* spp.): a coordinated approach through the Insecticide Resistance Action Committee (IRAC). - *Pest Management Science*. Vol. 67, No. 6, pp. 633–638.
- Stanley, D.A., Gunning, D., Stout, J.C.** (2013). Pollinators and pollination of oilseed rape crops (*Brassica napus* L.) in Ireland: ecological and economic incentives for pollinator conservation. - *Journal of Insect Conservation*. Vol. 17, No. 6, pp. 1181–1189.
- Stará, J., Kocourek, F.** (2018). Seven-year monitoring of pyrethroid resistance in the pollen beetle (*Brassicogethes aeneus* F.) during implementation of insect resistance management: Pyrethroid resistance of pollen beetle. - *Pest Management Science*. Vol. 74, pp. 200–209.
- Taimr, L., Sedivy, J., Bergmannova, E., Hanker, I.** (1967). Further experience obtained in studies on dispersal flights of *Meligethes aeneus* F., marked with P32 (Coleoptera). - *European Journal of Entomology*. Vol. 64, pp. 325–332.

- Thiyam, U., Kuhlmann, A., Stöckmann, H., Schwarz, K.** (2004). Prospects of rapeseed oil by-products with respect to antioxidative potential. - *Comptes Rendus Chimie*. Vol. 7, No. 6, pp. 611–616.
- Ulber, B., Williams, I.H., Klukowski, Z., Luik, A., Nilsson, C.** (2010). Parasitoids of Oilseed Rape Pests in Europe: Key Species for Conservation Biocontrol. In: Williams, I.H. (Ed.). - *Biocontrol-Based Integrated Management of Oilseed Rape Pests*. Springer Netherlands. pp. 45–76.
- Veromann, E., Kevvää, R., Luik, A., Williams, I.H.** (2007). Do cropping system and insecticide use in spring oilseed rape affect the abundance of pollen beetles (*Meligethes aeneus* Fab.) on the crop? - *International Journal of Pest Management*. Vol. 54, No. 1, pp. 1–4.
- Veromann, E., Luik, A., Metspalu, L., Williams, I.** (2006). Key pests and their parasitoids on spring and winter oilseed rape in Estonia. - *Entomologica Fennica*. Vol. 17, pp. 400–404.
- Veromann, E., Metspalu, L., Williams, I.H., Hiisaar, K., Mand, M., Kaasik, R., Kovacs, G., Jogar, K., Svilponis, E., Kivimägi, I., Ploomi, A., Luik, A.** (2012). Relative attractiveness of *Brassica napus*, *Brassica nigra*, *Eruca sativa* and *Raphanus sativus* for pollen beetle (*Meligethes aeneus*) and their potential for use in trap cropping. - *Arthropod-Plant Interactions*. Vol. 6, No. 3, pp. 385–394.
- Veromann, E., Toome, M.** (2011). Pollen beetle (*Meligethes aeneus* Fab) susceptibility to synthetic pyrethroids – pilot study in Estonia. - *Agronomy Research*. Vol. 9, No. 1-2, pp. 365–369.
- Vollmann, J., Rajcan, I.** (2009). Oil Crops. - *Springer Science & Business Media*. Vol. 4, pp. 91–126.
- Williams, I.H. (Ed.)** (2010a). - *Biocontrol-Based Integrated Management of Oilseed Rape Pests*. Springer Netherlands, Dordrecht.
- Williams, I.H.** (2010b). The Major Insect Pests of Oilseed Rape in Europe and Their Management: An Overview. In: Williams, I.H. (Ed.). - *Biocontrol-Based Integrated Management of Oilseed Rape Pests*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 1–43.
- Williams, I.H., Cook, S.M.** (2010). Crop Location by Oilseed Rape Pests and Host Location by Their Parasitoids. In: Williams, I.H. (Ed.). - *Biocontrol-Based Integrated Management of Oilseed Rape Pests*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 215–244.
- Williams, I.H., Ferguson, A.W.** (2010). Spatio-Temporal Distributions of Pests and Their Parasitoids on the Oilseed Rape Crop. In: Williams, I.H. (Ed.). - *Biocontrol-Based Integrated Management of Oilseed Rape Pests*. Springer Netherlands, pp. 245–271.
- Zaller, J.G., Moser, D., Drapela, T., Schmöger, C., Frank, T.** (2008). Insect pests in winter oilseed rape affected by field and landscape characteristics. - *Basic and Applied Ecology*. Vol. 9, No. 6, pp. 682–690.

**LISAD**

**Lisa 1. Kevadisel vaatlusperioodil erinevatel maastikuelementidel määratud õitsevad taimed ja hiilamardikate arvukused, Tartumaal.**

**2017.a.** Maastikelementide lühendite tähendus: RM- rohumaa, RP- rohtne põlluserv, MS- metsaserv, PK- puiskoridori serv

Kevadisel vaatlusperioodil õitsevad taimed							Talvitunud naeri-hiilamardikad		
sugukond ladina keeles	sugukond eesti keeles	liik ladina keeles	liik eesti keeles	õitseva üksuse hulk 18.05/ 24.05	õite määramise vorm	maastikuelement	18.mai	24.mai	kokku
Asteraceae	korvõielised	<i>Taraxacum officinale</i> F.H.Wigg. s.l.	harilik võilill	3739/13286	õisik	RM, RP, MS, PK	38	78	116
		<i>Tussilago farfara</i> L.	paiseleht	-/60	õisik	RM	-	0	0
Boraginaceae	karelehelised	<i>Myosotis</i> L.	lõosilm	6/261	vars	RM, PK	0	0	0
Brassicaceae	ristõielised	<i>Erysimum</i> L.	harakalatv	47/93	vars	RP	0	0	0
		<i>Barbarea vulgaris</i> R.Br. subsp. <i>arcuata</i> (Opiz ex J.Presl et C.Presl) M.Loehr	kaarkollakas	110/196	vars	RM, RP, MS, PK	1	12	13
		<i>Erysimum cheiranthoides</i> L.	põld-harakalatv	7/-	vars	RP	0	-	0
Geraniaceae	kurerehalised	<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér.	harilik kurekael	-/3	õis	RP	-	0	0
Lamiaceae	huulõielised	<i>Glechoma hederacea</i> L.	harilik maajalg	548/1192	vars	RM, RP, MS, PK	0	0	0
		<i>Galeobdolon luteum</i> Huds.	koldnõges	1/13	vars	MS	0	0	0
		<i>Lamium album</i> L.	valge iminõges	46/ 491	õis	RM, RP, MS,PK	0	16	16
		<i>Lamium purpureum</i> L.	verev iminõges	1/-	vars	PK	0	-	0
Plantaginaceae	teelehelised	<i>Veronica chamaedrys</i> L.	külmamailane	-/3	vars	RP	-	0	0
Polygonaceae	tatralised	<i>Rumex acetosa</i> L.	hapu oblikas	10/-	õis	MS	0	-	0

Kevadisel vaatlusperioodil õitsevad taimed							Talvitunud naeri-hiilamardikad		
sugukond ladina keeles	sugukond eesti keeles	liik ladina keeles	liik eesti keeles	õitseva üksuse hulk 18.05/ 24.05	õite määramise vorm	maastikuelement	18.mai	24.mai	kokku
<i>Ranunculaceae</i>	tulikalised	<i>Hepatica nobilis</i> Mill.	harilik sinilill	108/7	õis	MS	0	0	0
		<i>Ranunculus acris</i> L.	kibe tulikas	156/362	õis	MS, PK	0	1	1
		<i>Anemone ranunculoides</i> L.	kollane ülane	2663/-	õis	MS	0	-	0
		<i>Ranunculus auricomus</i> L.	kuldtulikas	21/8	õis	MS	0	0	0
		<i>Anemone nemorosa</i> L.	võsaülane	1384/673	õis	MS, PK	3	0	3
<i>Rosaceae</i>	roosõielised	<i>Fragaria vesca</i> L.	metsmaasikas	-/187	õis	RM, MS, PK	-	0	0
		<i>Fragaria viridis</i> Weston 1771	muulukas	-/30	õis	MS	-	0	0
		<i>Geum rivale</i> L.	ojamõõl	-/9	õis	MS	-	0	0
<i>Saxifragaceae</i>	kivirikulised	<i>Chrysosplenium alternifolium</i> L.	harilik lepiklill	30/-	vars	MS	0	-	0
<i>Violaceae</i>	kannikeselised	<i>Viola odorata</i> L.	lõhnav kannike	71/34	õis	MS	0	0	0
		<i>Viola arvensis</i> Murr.	põldkannike	-/9	õis	RP	-	0	0

**Lisa 2. Hilissuvisel vaatlusperioodil erinevatel maastikuelementidel määratud taimed ja hiilamardikate arvukused Tartumaal, 28. augustil 2017.a.** Maastikelementide lühendite tähendus: RM- rohumaa, RP- rohtne põlluserv, MS- metsaserv, PK- puiskoridori serv

Sügisel vaatlusperioodil õitsevad taimed							Naeri- hiilamardikad
sugukond ladina keeles	sugukond eesti keeles	liik ladina keeles	liik eesti keeles	õitseva üksuse hulk	õite määramise vorm	maastikuelement	28.aug
<i>Apiaceae</i>	sarikalised	<i>Sanicula europaea L.</i>	euroopa metsputk	6	õisik	MS	1
		<i>Pastinaca sativa L. subsp. sylvestris (Mill.) Rouy et E.G.Camus</i>	harilik moorputk	7	õisik	RP	24
		<i>Aethusa L.</i>	koeraputk	16	õisik	RP, MS, PK	4
		<i>Daucus carota L.</i>	metsporgand	13	õisik	RP	10
<i>Asteraceae</i>	korvõielised	<i>Matricaria perforata Méral</i>	harilik kesalill	1	õis	RP	0
		<i>Tragopogon pratensis L.</i>	harilik piimjuur	2	õis	PK	0
		<i>Achillea millefolium L.</i>	harilik raudrohi	1143	vars	RM, RP, MS, PK	999
		<i>Taraxacum officinale F.H.Wigg. s.l.</i>	harilik võilill	13	õisik	RM, RP, PK	1102
		<i>Hieracium L. (excl. Pilosella Hill)</i>	hundertubakas	31	õisik	MS MS, PK	6
		<i>Anthemis L.</i>	karikakar	79	õis	RP, MS, PK	276
		<i>Tripleurospermum Sch. Bip.</i>	kesalill	16	õis	RP, MS, PK	7
		<i>Crepis L.</i>	koeratubakas	8	õis	RM	58
		<i>Cirsium arvense (L.) Scop. var. mite (Wimm. et Grab.) Lange</i>	põldohakas	56	õisik	RM, RP, MS, PK	107
		<i>Cirsium oleraceum (L.) Scop.</i>	seaohakas	1	õisik	RM	10
		<i>Leontodon autumnalis L.</i>	sügisene seanupp	96	õisik	RM, RP	462

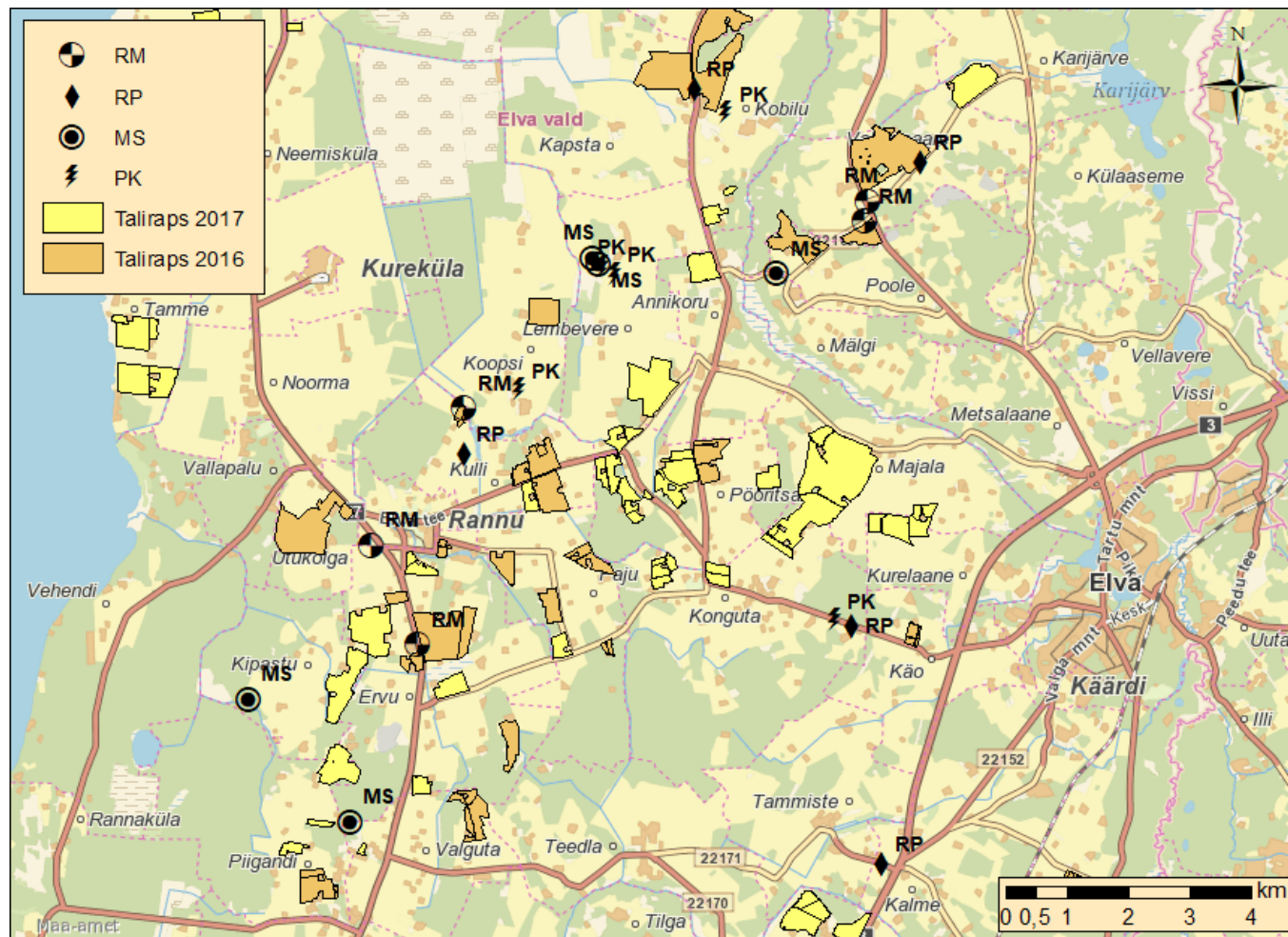
Sügisesele vaatlusperioodil õitsevad taimed							Naeri- hiilamardikad
sugukond ladina keeles	sugukond eesti keeles	liik ladina keeles	liik eesti keeles	õitseva üksuse hulk	õite määramise vorm	maastikuelement	28.aug
		<i>Arctium tomentosum</i> Mill.	villtakjas	229	õisik	RP, PK	462
<i>Balsaminaceae</i>	lemmmaltsalised	<i>Impatiens parviflora</i> DC.	väikeseõiene lemmmalts	675	õis	MS, PK	25
<i>Boraginaceae</i>	karelehelised	<i>Anchusa arvensis</i> (L.) M.Bieb.	harilik karukeel	5	vars	PK	0
		<i>Echium vulgare</i> L.	harilik ussikeel	5	kobar	RP	0
		<i>Myosotis</i> L.	lõosilm	8	vars	RM, RP	52
<i>Brassicaceae</i>	ristõielised	<i>Capsella Medik., nom. cons.</i>	hiirekõrv	5	vars	RM	0
		<i>Bunias</i> L.	tõlkjas	7	õisik	RM	6
<i>Campanulaceae</i>	kellukalised	<i>Campanula glomerata</i> L.	kerakellukas	1	vars	PK	11
<i>Caryophyllaceae</i>	nelgilised	<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke	harilik põisrohi	56	õis	RP	37
		<i>Silene pratensis</i> (Rafn) Godron et Gren.	valge pusurohi	32	õis	RP, MS, PK	13
		<i>Myosoton aquaticum</i> (L.) Moench	vesitähthein	1	õis	PK	0
<i>Convolvulaceae</i>	kassitapulised	<i>Convolvulus</i> L.	kassitapp	20	õis	PK	1
<i>Dipsacaceae</i>	uniohakalised	<i>Knautia</i> L.	äiatar	5	õisik	MS, PK	58
<i>Fabaceae</i>	liblikõielised	<i>Trifolium pratense</i> L.	aasristik	135	õisik	RM, RP, MS, PK	462
		<i>Vicia cracca</i> L.	harilik hiirehernes	19	õisik	PK	8
		<i>Vicia</i> L.	hiirehernes	2	õisik	RP	0
		<i>Medicago lupulina</i> L.	humallutsern	1472	õisik	RM, RP, PK	4
		<i>Medicago</i> × <i>varia</i> Martyn	hübriidlutsern	9	õisik	RP	0
		<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Lam.	kollane mesikas	27	kobar	RP, MS	23



Sügisese vaatlusperioodil õitsevad taimed							Naeri- hiilamardikad
sugukond ladina keeles	sugukond eesti keeles	liik ladina keeles	liik eesti keeles	õitseva üksuse hulk	õite määramise vorm	maastikuelement	28.aug
		<i>Vicia villosa</i> Roth	põld-hiirehernes	2	õisik	RM	0
		<i>Lathyrus</i> L.	seahernes	24	vars	RP, PK	3
		<i>Melilotus albus</i> Medik.	valge mesikas	604	kobar	RM, RP, MS MS	278
		<i>Trifolium repens</i> L.	valge ristik	204	õisik	RM, RP, MS	229
<i>Gentianaceae</i>	emajuurelised	<i>Centaurea jacea</i> L.	arujumikas	85	õisik	RP, MS, PK	1547
		<i>Centaurea scabiosa</i> L.	põldjumikas	148	õisik	RM, RP, MS, PK	129
<i>Geraniaceae</i>	kurerehalised	<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér.	harilik kurekael	3	õis	RP	0
		<i>Geranium sanguineum</i> L.	verev kurereha	685	õis	RM, MS, PK	71
<i>Hypericaceae</i>	naistepunalised	<i>Hypericum perforatum</i> L.	liht-naistepuna	59	õis	RM, RP, PK	10
<i>Lamiaceae</i>	huulõielised	<i>Prunella vulgaris</i> L.	harilik käbihein	2	õisik	RP	0
		<i>Galeopsis tetrahit</i> L.	kare kõrvik	6	vars	PK	2
		<i>Prunella</i> L.	käbihein	19	õisik	MS	0
		<i>Clinopodium</i> L.	mägimünt	49	vars	MS	14
		<i>Lamium album</i> L.	valge iminõges	27	õis	MS, PK	17
		<i>Lamium purpureum</i> L.	verev iminõges	2	vars	PK	0
<i>Onagraceae</i>	pajulillelised	<i>Epilobium angustifolium</i> L.	ahtalehine põdrakanep	4	vars	MS	17
		<i>Epilobium hirsutum</i> L.	karvane pajulill	58	õis	MS	2
		<i>Epilobium</i> sect. <i>Chamaenerion</i> Tausch	põdrakanep	101	õis	MS	4
<i>Orobanchaceae</i>	soomukalised	<i>Odontites verna</i> (Bellardi) Dumort. subsp. <i>serotina</i> (Dumort.) Corb.	harilik kamaras	54	vars	RP	1

Sügisesele vaatlusperioodil õitsevad taimed							Naeri- hiilamardikad
sugukond ladina keeles	sugukond eesti keeles	liik ladina keeles	liik eesti keeles	õitseva üksuse hulk	õite määramise vorm	maastikuelement	28.aug
<i>Plantaginaceae</i>	teelehelised	<i>Linaria vulgaris</i> Mill.	harilik käokannus	15	vars	RP, PK	12
		<i>Plantago major</i> L.	teeleht	2	vars	RP	18
<i>Ranunculaceae</i>	tulikalist	<i>Ranunculus acris</i> L.	kibe tulikas	7	õis	RM, RP, PK	22
<i>Rosaceae</i>	roosõielised	<i>Potentilla erecta</i> (L.) <i>Raeusch.</i>	tedremaran	4	õis	MS	0
<i>Rubiaceae</i>	madaralist	<i>Galium aparine</i> L.	roomav madar	22	vars	RP	2
		<i>Galium album</i> Mill.	valge madar	7	vars	RP	0
<i>Scrophulariaceae</i>	mailaselised	<i>Melampyrum</i> L.	härghein	248	vars	MS, PK	8

Lisa 3. Maastikuring ja selles paiknevad maastikuelemendid. Skeemi autor Gabriella Kovács



**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks (tähtajaline piirang) ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Kätlyn Kaart,

Sünniaeg 30.07.1991,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö Hiilamardika erinevate põlvkondade arvukused ja toidutaimede eelistused, mille juhendaja on Eve Veromann,
  - 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
  - 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
  - 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks pärast tähtajalise piirangu lõppemist

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

\_\_\_\_\_

allkiri

Tartu, 22.05.2018

---

**Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Luban lõputöö kaitsmisele.

\_\_\_\_\_

(juhendaja nimi ja allkiri)

\_\_\_\_\_

(kuupäev)

\_\_\_\_\_

(juhendaja nimi ja allkiri)

\_\_\_\_\_

(kuupäev)